

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL



VERIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO CAPM NO MERCADO BOLSISTA PORTUGUÊS

Mestrado em Matemática Aplicada à Economia e Gestão

Liliya Lytvynenko

Trabalho de Projeto orientado por:
Prof.^a Doutora Raquel João Fonseca, FCUL

2016

RESUMO

O objetivo deste trabalho é testar se o modelo CAPM de fator único, que melhor descreve a relação entre risco e retorno, é válido na bolsa de valores portuguesa, tendo para isso uma amostra de dezoito ativos pertencentes ao índice de mercado PSI-20 para o período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014. Para tal, será necessário estimar e analisar o risco sistemático (ou beta) dos ativos. Para aumentar a precisão dos betas estimados, realizamos o nosso estudo com carteiras de ativos, e não apenas com títulos individuais.

Os resultados obtidos sugerem que, para o período em análise, e para ativos individuais, não parece existir uma relação clara entre um maior risco e um maior retorno. De acordo com os resultados obtidos relativamente à estabilidade do beta dos ativos ao longo do tempo, podemos concluir que o nível de risco sistemático não é estável. Os valores dos betas dependem do intervalo de tempo usado para os cálculos dos retornos e do número de observações usadas na análise de regressão. De forma semelhante, no caso de carteiras de ativos concluímos também que não existe uma relação entre um maior risco e um maior retorno. Temos até resultados contrários: a um retorno maior corresponde um beta menor. Por outro lado, a consideração de carteiras de ativos reduz a amplitude dos betas estimados e aumenta o poder estatístico da regressão linear.

Perante comparação entre os modelos CAPM para carteiras e para títulos individuais e as respetivas expectativas de mercado (valor real), advém que o modelo CAPM das carteiras tem uma aplicação mais vasta ao objeto de estudo do que o modelo CAPM dos ativos individuais. Os dois são validados parcialmente, isto é, para certas empresas e anos observa-se que os modelos têm uma aplicação válida.

Palavras-chave: CAPM, beta, risco sistemático, PSI-20, regressão linear.

ABSTRACT

The objective of this study is to test whether the CAPM single factor, that best describes the relationship between risk and return, is valid in the Portuguese stock exchange, using a sample of eighteen assets belonging to the PSI-20 market index for the period from January 2010 to December 2014. We will estimate and analyze the systematic risk (or beta) of the assets. To increase the accuracy of the estimated betas, we conducted our study both with portfolios of assets, and with individual titles.

Results suggest that, for the period under review, and for individual assets, there does not appear to be a clear relationship between a higher risk and a higher return. According to the results obtained concerning the stability of beta over time, we are able to conclude that the level of systematic risk is not stable. Beta values depend on the time interval used for the calculation of the returns and the number of observations used in the regression analysis. Similarly, in the case of asset portfolios, we concluded that there is not a clear relationship between an increased risk and a higher return. Results are contradictory: a higher return matches a lower beta. On the other hand, the consideration of asset portfolios reduces the interval amplitude of the estimated betas and increases the statistical power of the linear regression.

When comparing the CAPM models for portfolios and individual securities, and the respective market expectations (the realized values), we come to the conclusion that the CAPM model has a more reliable and adequate application to portfolios than the CAPM model of individual assets. Both are partially validated however, that is, for certain companies and years, the models yield valid results.

Keywords: CAPM, beta, systematic risk, PSI-20, linear regression.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Professora Dra. Raquel João Fonseca pela sua disponibilidade em aceitar ser orientadora deste trabalho, bem como toda a ajuda, paciência e disponibilidade prestada ao longo da elaboração do mesmo.

Gostaria também de mostrar o meu agradecimento à Professora Dra. Teresa Alpuim pelo apoio e pelo exemplo constante de seriedade científica e profissionalismo.

À minha família pela paciência, compreensão, carinho e apoio incondicional manifestadas ao longo da execução deste trabalho.

ÍNDICE

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Siglas e Abreviaturas

1.INTRODUÇÃO

- 1.1. Relevância do tema.
- 1.2. Formulação do Problema e dos Objetivos.
- 1.3. Coleta de dados e Metodologia.
- 1.4. Estrutura do Trabalho.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRAFICA

- 2.1. Eficiência do mercado.
- 2.2. Modelos clássicos da gestão de carteiras.
 - 2.2.1. Teoria da carteira de Markowitz (Modelo de Média-Variância).
 - 2.2.2. Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros – CAMP.
- 2.3. Coeficiente beta (medida de risco sistemático).
- 2.4. Principais críticas e modificações ao modelo original CAPM.

3.METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

- 3.1. Formulação do CAPM para a realização de testes empíricos.
- 3.2. A taxa livre de risco (Euribor).
- 3.3. O índice PSI-20.
- 3.4. O Processo Metodológico.
 - 3.4.1. Estimação e comparação dos betas dos ativos.
 - 3.4.2. Avaliação da adequação do modelo estimado.
 - 3.4.3. Construção das carteiras.

4.APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

- 4.1. Caracterização do índice PSI-20.
- 4.2. Avaliação dos ativos individuais.
 - 4.2.1. Avaliação da adequação dos modelos de regressão linear simples.
 - 4.2.2. Avaliação da estabilidade do parâmetro beta ao longo do tempo.
 - 4.2.3. Avaliação da capacidade preditiva do parâmetro beta estimado.

4.2.4. Construção da *Security Market Line*.

4.2.5. Comparação e seleção de fundos de investimento.

4.3. Avaliação dos betas estimados das carteiras.

5. CONCLUSÕES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Formas de eficiência do mercado

Figura 2.2 - Fronteira de Eficiência

Figura 2.3 - Linha de Mercado de Capitais (CML)

Figura 2.4 - Tipos de risco

Figura 2.5 - Linha de Mercado de Títulos (SML).

Figura 4.1 - Evolução histórica dos retornos semanais durante cinco anos (2010-2014) do índice PSI-20.

Figura 4.2 - Valor acumulado por um investimento inicial de 1 euro no índice PSI-20 durante cinco anos (2010-2014).

Figura 4.3 - Peso dos riscos sistemático e não sistemático no risco total (ativos individuais).

Figura 4.4 - Comparação dos betas dos ativos individuais.

Figura 4.5 - Reta do Mercado de Títulos (SML).

Figura 4.6 - Coeficientes alfa (alfa de Jensen).

Figura 4.7 - Compatibilidade da relação entre o coeficiente alfa e o retorno médio do ativo.

Figura 4.8 - Índice de Sharpe (IS) no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2014.

Figura 4.9 - Valores acumulados de um investimento inicial de 1 euro nos ativos conservadores no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

Figura 4.10 - Valores acumulados de um investimento inicial de 1 euro nos ativos moderados no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

Figura 4.11 - Valores acumulados de um investimento inicial de 1 euro nos ativos agressivos no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

Figura 4.12 - Peso dos riscos sistemático e não sistemático no risco total (carteiras).

Figura 4.13 - Comparação dos betas das carteiras.

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Interpretação do coeficiente beta.

Tabela 4.1 - Coeficientes beta, alfa, coeficiente de determinação, e valores da estatística t dos ativos individuais (os cálculos foram realizados usando retornos semanais).

Tabela 4.2 - Classificação dos ativos (retornos semanais).

Tabela 4.3 - Somas dos quadrados de diferença entre retornos reais e retornos estimados usando CAPM de cada ativo (de modo crescente).

Tabela 4.5 - Coeficientes beta, alfa, estatística t e coeficiente de determinação das carteiras de ativos (os cálculos foram realizados usando retornos semanais).

Tabela 4.6 - Compatibilidade do relacionamento entre o retorno médio da carteira e o coeficiente beta.

Tabela 4.7 - Comparação dos intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta dos ativos agressivos e da carteira que está construída por ativos agressivos.

Tabela 4.8 - Comparação dos intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta dos ativos conservadores e da carteira que está construída por ativos conservadores.

Tabela 4.9 - Comparação dos intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta dos ativos moderados e da carteira que está construída por ativos moderados.

Lista de Siglas e Abreviaturas

APT - Arbitrage Pricing Theory

B/M - Book to Market

CAPM - Capital Assets Pricing Model

C-CAPM - Conditional Capital Asset Pricing Model

CML - Capital Market Line

D-CAPM - Downside Capital Asset Pricing Model

HML - High Minus Low

EBF - European Banking Federation

EMH - Efficient Markets Hypothesis

MQO - Mínimos Quadrados Ordinários

NYSE Euronext - New York Stock Exchange Euronext

PIB - Produto Interno Bruto

PSI - Portuguese Stock Index

SMB - Small Minus Big

SML - Security Market Line

1.INTRODUÇÃO

1.1. Relevância do tema

Em situações de crise económica, os investidores ficam cada vez mais avessos ao risco, procurando cada vez mais formas alternativas de avaliar e estimar o risco de um determinado ativo ao mesmo tempo que determinam se o seu preço é o mais adequado. O problema de estimar o preço dos ativos financeiros tem atraído a atenção de investigadores desde há várias décadas. Apesar do grande número de publicações dedicado a este tema, o interesse da literatura científica não enfraquece, já que os modelos teóricos existentes sobre o funcionamento do mercado de capitais são bastantes limitados devido aos seus pressupostos relativamente rígidos, resultando numa série de questões importantes para as práticas de investimento ainda sem resposta dentro destes modelos.

Um dos modelos teóricos mais utilizados para determinação do preço de um ativo financeiro é o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) - Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros. O modelo CAPM foi desenvolvido simultaneamente por Sharpe (1964), Lintner (1965), e Mossin (1966), e é o resultado do desenvolvimento da Moderna Teoria Financeira iniciada por Markowitz (1952).

O CAPM foi constituído e fundamentado nas premissas das teorias da utilidade e da Hipótese da Eficiência de Mercado. Um dos principais resultados do Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros (CAPM) é o estabelecimento de leis entre o retorno esperado dos ativos e as características dos seus riscos. O modelo propõe, basicamente, que o único fator de risco que afeta o retorno esperado dos ativos é o risco de mercado (risco sistemático), capturado pelo beta do ativo, isto é, a relação entre a volatilidade do ativo e a volatilidade do mercado. Então, de acordo com o CAPM, em equilíbrio (isto é, ausência de arbitragem), o mercado remunera os investidores em função do nível de risco de mercado assumido no seu investimento sendo que, parte do risco total de um ativo pode ser eliminado na diversificação.

Risco e retorno são variáveis básicas da tomada de decisão de investimentos. Como sabemos o nível de rentabilidade está diretamente relacionado com o nível de risco: quanto maior o rendimento, maior o risco de perda financeira. Cada investidor gera as suas previsões para esses parâmetros. O investimento em todas as suas formas é repleto de risco significativo, o que é típico de uma economia de mercado. No risco de investimento incluímos o risco de perdas financeiras inesperadas, tais como a diminuição do lucro, a redução de uma renda, ou a perda de capital investido. A avaliação de riscos de mercado é assim uma das principais direções do trabalho preliminar para operações bem sucedidas no mercado.

O modelo CAPM tem sido um dos modelos mais estudados, testados e analisados na literatura financeira. Os primeiros testes empíricos do CAPM são baseados em três implicações da relação entre retorno esperado e beta de mercado implícito no modelo.

Em primeiro lugar, o retorno esperado de todos os ativos está linearmente relacionado com o seu beta, e nenhuma outra variável tem poder explicativo marginal. Segundo, o prémio de risco é positivo, o que significa que o retorno esperado sobre a carteira de mercado excede o retorno esperado sobre os ativos cujos retornos não estão correlacionados com o retorno de mercado. Por último, na versão “clássica” do modelo CAPM, os ativos não correlacionados com o mercado esperam retornos iguais à taxa de juro sem risco, e o prémio de risco é o retorno de mercado esperado menos a taxa livre de risco. A maior parte dos testes dessas previsões utiliza regressões de série temporal ou regressões longitudinais.

A grande maioria dos testes do CAPM foi realizada, entre eles o de Black, Jensen e Scholes (1972) e o de Fama e MacBeth (1974), assumindo que o beta seria estático, ou seja, que o risco sistemático dos ativos não mudaria ao longo do tempo. Em testes em séries temporais, como os de Friend e Blume (1970), Black, Jensen e Scholes (1972) e Stambaugh (1982) confirma-se a evidência de que a relação entre o retorno médio e o beta é “demasiado horizontal”, isto é, a reta seria pouco inclinada e o beta demasiado baixo. Como veremos, a ordenada na origem (“alfa de Jensen”) da regressão da série temporal dos rendimentos excedentes dos ativos em relação ao retorno excedente do mercado é positiva para ativos de baixo beta e negativa para os de beta elevado. Foram realizados ainda outros estudos, por exemplo, Miller e Scholes (1972), Blume e Friend (1973), Fama e Macbeth (1971), Levy (1980), Banz (1981) e Gibbons (1982). Todos estes autores, embora admitam a inconsistência entre o empírico e o teórico, não anulam o modelo, mas assinalam as suas limitações. Mais recentemente num estudo sobre o retorno de ações, Fama e French (1992) observam que os retornos e os coeficientes beta parecem completamente não relacionados. Entre as variáveis significativas encontradas, destacaram-se o tamanho da empresa, a relação entre o valor contabilístico e o valor de mercado, o endividamento, a rentabilidade do capital próprio, a liquidez dos títulos financeiros, a relação fluxo de caixa sobre preço, a relação preço sobre custo das vendas, o crescimento das vendas passadas e a variância individual dos ativos.

Em Portugal foram efetuados os seguintes estudos: Areal e Armada (2002) procuraram analisar a eficiência de mercado; Carvalho e Barajas (2013) estudaram o prémio de risco e o beta de mercado; e Almas e Duque (2008) estratégias de valor baseadas no efeito *book-to-market*.

O CAPM tem sido alvo de inúmeros testes empíricos. A partir destes, surgiram algumas das suas falhas, uma vez que o poder explicativo do modelo não se mostrava satisfatório face às análises, e, portanto, a efetividade do mesmo passou a ser questionada. Por isso foram desenvolvidos novos modelos do CAPM com o objetivo de melhor medir a relação risco-retorno dentro do ambiente financeiro. Por exemplo, o C-CAPM, D-CAPM, APT e outros, os quais abarcariam um maior número de variáveis e uma melhor adequação dos pressupostos, tendo em vista as características de cada mercado. Muitos dos novos modelos do CAPM têm como base o próprio CAPM representando, na verdade, variantes do mesmo.

Por um lado, o modelo CAPM é um modelo lógico e intuitivo, baseado numa sólida fundamentação teórica. Por outro lado, as hipóteses subjacentes à sua construção apresentam-se muito restritivas e têm sido rejeitadas ao longo dos anos. Mesmo assim, o CAPM é o mais utilizado para estimar o retorno de ativos, despertando o interesse de investigadores em conhecê-lo melhor em diferentes contextos e circunstâncias.

Segundo Fama e French (2004), o CAPM é o elemento central dos cursos pós-graduados de finanças empresariais, porque o modelo apresenta previsões poderosas e intuitivamente agradáveis sobre a medida de risco e a relação entre rendibilidade e risco. De acordo com Welch (2008), cerca de 75% dos professores de finanças recomenda o uso do CAPM para estimar o custo de capital.

A sua simplicidade teórica e prática é a principal razão de tal sucesso. Hoje em dia, o modelo CAPM é fundamental na área de decisão sobre investimentos e gestão de risco, seja para ações, instrumentos de dívida e mesmo seleção de projetos de investimento.

1.2. Formulação do Problema e dos Objetivos

O objetivo principal do trabalho é verificar a aplicabilidade e adequação do modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) ao mercado bolsista português. Para tal, será também necessário estimar e analisar o risco sistemático (beta) dos ativos e das empresas aqui incluídas. Neste sentido, o presente trabalho propõe-se estimar o risco sistemático de 18 empresas de setores diversos da economia (finanças, telecomunicações, distribuição, energia e construção, entre outros). As empresas escolhidas estão cotadas na *Euronext* Lisboa, uma vez que é o único mercado nacional de valores mobiliários.

Temos também como objetivo avaliar a estabilidade do beta ao longo do tempo. Para isso, estimamos o valor do beta de cada ação usando diferentes intervalos de tempo (cinco anos, três anos e um ano), diferentes intervalos de cálculo dos retornos (retornos mensais, retornos semanais e retornos diários) e, naturalmente, diferente número de retornos na análise de regressão (260, 156, 59 e 254 observações).

Para completar a nossa análise construímos carteiras de investimento com ativos do índice PSI-20. O objetivo é estimar os riscos sistemáticos das carteiras e verificar se os valores dos betas encontrados são mais adequados, isto é, têm um maior poder explicativo, face aos betas dos ativos individuais.

O estudo é baseado no modelo CAPM. Por isso, têm-se como objetivos específicos descrever o modelo CAPM original, os seus pressupostos e propriedades, assim como algumas críticas e modificações identificadas na literatura.

1.3. Coleta de dados e Metodologia

Para realizar o estudo foram escolhidas 18 empresas cotadas na *Euronext* Lisboa (as empresas que fazem parte do índice PSI20): Altri SGPS SA (ALTR), Banco BPI SA (BPI), Banco Comercial Português SA (BCP), Banif Banco Internacional do Funchal SA (BANIF), CTT Correios de Portugal SA (CTT), EDP Energias de Portugal SA (EDP), Edp Renováveis SA (EDPR), Galp Energia SGPS SA (GALP), Imprensa Sociedade Gestora de Participações Sociais SA (IPR), Jerónimo Martins SGPS SA (JMT), Mota Engil SGPS SA (EGL), Nos SGPS SA (NOS), Pharol SGPS SA (PHR), Portucel SA (PTI), Ren Redes Energéticas Nacionais SGPS SA (RENE), Semara Sociedade de Investimento e Gestão SGPS SA (SEM), Sonae SGPS SA (SON), e Teixeira Duarte SA (TDSA).

Os dados utilizados neste trabalho correspondem aos valores das rendibilidades do índice PSI-20 e dos índices de cotações de ações de empresas para os seguintes períodos: janeiro de 2010 a dezembro de 2014 (5 anos, retornos semanais), janeiro de 2012 a dezembro de 2014 (3 anos, retornos semanais), janeiro a dezembro de 2014 (1 ano, retornos diários), janeiro a dezembro de 2013 (1 ano, retornos diários), janeiro de 2010 a dezembro de 2014 (5 anos, retornos mensais) e janeiro a agosto de 2015 (8 meses, retornos semanais). A taxa de juro sem risco corresponde à taxa Euribor a uma semana, à taxa Euribor a um mês e à taxa Euribor a um dia.

A presente tese propõe-se testar a validade do modelo CAPM na bolsa de valores de Lisboa – PSI-20, aplicando a metodologia de regressão de série temporal proposta por Jensen (1968) para a cotação histórica dos períodos de tempo definidos anteriormente, exceto por algumas adaptações necessárias, devido a particularidades do mercado de capitais português. A estimativa dos coeficientes betas é feita utilizando uma abordagem estatística clássica, recorrendo ao Software Microsoft Excel 2013 e ao SPSS para tratamento dos dados.

1.4. Estrutura do Trabalho

Com vista à prossecução dos objetivos referidos, o presente trabalho está organizado em cinco capítulos.

O primeiro capítulo refere-se à introdução do trabalho e está estruturado da seguinte forma: relevância do tema, formulação do problema e dos objetivos, coleta de dados e metodologia, e descrição da estrutura do trabalho.

No segundo capítulo faz-se a revisão da literatura. São apresentadas as principais abordagens em finanças, sendo dado especial destaque para a Hipótese de Eficiência do Mercado, e são também apresentados os principais modelos de gestão e avaliação de ativos, nomeadamente a Teoria da Carteira de Markowitz e o modelo CAPM. São também descritos os seus pressupostos e propriedades, assim como algumas críticas e modificações identificadas na literatura.

Seguidamente, apresentamos e descrevemos a metodologia seguida na elaboração do estudo de forma a atingir os objetivos pretendidos. São também apresentadas as hipóteses de investigação e as fontes de dados que serviram de *inputs* para este trabalho.

No quarto capítulo é efetuada a análise numérica e o teste à validade empírica do modelo. São descritos e analisados os dados utilizados na presente tese, nomeadamente, são analisadas 18 empresas, no período de janeiro de 2010 – dezembro de 2014 com vista à estimação dos betas das respetivas ações, e posteriormente no período de janeiro – agosto de 2015, onde são realizados os cálculos dos retornos das ações usando os betas estimados, sendo depois comparados com os retornos reais das ações.

Por último, apresentam-se as principais conclusões em face dos resultados obtidos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A teoria clássica da carteira passou por três etapas de desenvolvimento. A primeira fase corresponde ao desenvolvimento dos fundamentos matemáticos necessários para a teoria. As duas seguintes referem-se à definição de uma teoria moderna da carteira de investimentos. A segunda fase protagonizada por H. Markowitz, J. Tobin, W. Sharpe, J. Litner, e J. Mosin consistiu na criação de uma teoria da carteira de mercado, através da construção de um modelo matemático de carteira ótima de títulos. A terceira fase, onde se destacam F. Modigliani, M. Miller, F. Black, M. Scholes e R. Merton, foi a formação com base na teoria da carteira de mercado da teoria da carteira ótima.

2.1. Eficiência do mercado

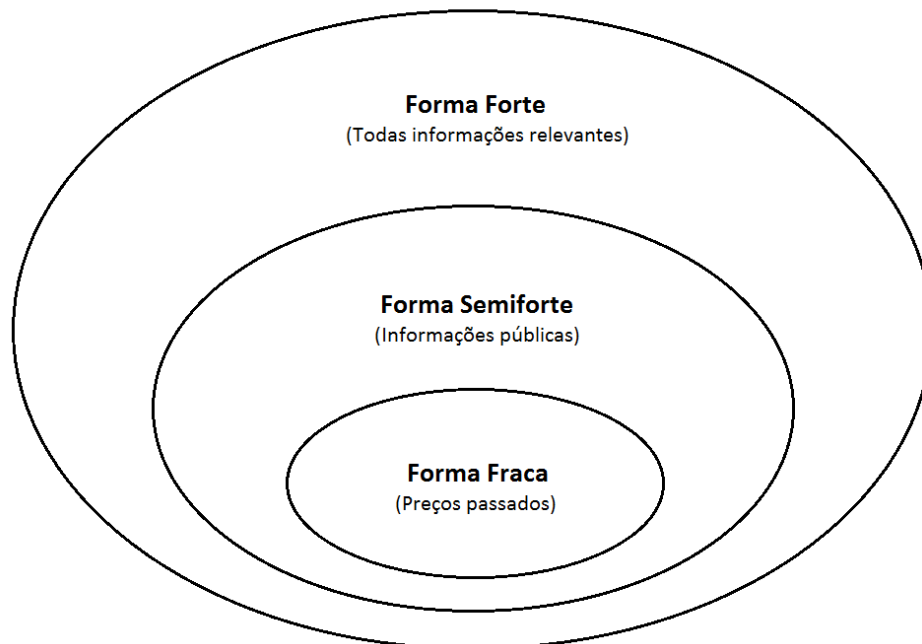
A maior parte das teorias financeiras baseia-se na Hipótese do Mercado Eficiente (*Efficient Markets Hypothesis, EMH*). Apesar do significativo número de estudos que visam refutar ou confirmar a Hipótese do Mercado Eficiente, esta teoria é ainda o foco de debate acalorado. Mas o que é um mercado eficiente? Há muitas definições da eficiência do mercado e diferentes abordagens para essa mesma definição. Sharpe (1964) definiu um mercado eficiente como um mercado em que o preço de cada ativo é sempre igual ao seu custo de investimento (*investment value*). Para Brealey e Myers (1995) os mercados eficientes são mercados em que os participantes formam expectativas em relação aos preços, baseados em toda a informação disponível sobre eventos que possam influenciar os preços do ativo negociado. De acordo com Jensen (1978), um mercado é tido como eficiente quando não há possibilidade de se obter lucro económico com base em informações disponíveis. Um mercado de capital eficiente é um mercado ao qual os preços dos ativos refletem com exatidão todas as informações disponíveis (Scheweser, 2008).

A Hipótese do Mercado Eficiente (*EMH*) é uma das teorias financeiras mais importantes para os investidores, tendo sido objeto de vários estudos [Cootner (1964), Fama (1970, 1991) entre outros]. No início do século XX, o economista francês Bachelier elaborou os primeiros pressupostos teóricos, que depois formaram a base da Hipótese do Mercado Eficiente. Na sua tese "A teoria da especulação", publicada em Paris em 1900, estabeleceu uma série de considerações relativas às flutuações aleatórias dos títulos na bolsa de valores, tendo concluído que o comportamento dos preços era consistente com um passeio aleatório, não sujeito as leis económicas. Se os lucros são aleatórios, então os mercados são eficientes. Além disso, Bachelier desenvolveu muitas das propriedades matemáticas do passeio aleatório em tempo contínuo, também designado por movimento Browniano. A hipótese do passeio aleatório foi corroborada por Kendall (1953), Roberts (1959), Osborne (1959), Granger e Morgenstern (1963). Em 1964, Cootner publicou um estudo onde reuniu uma coleção com os principais trabalhos.

Meio século mais tarde, muitos economistas voltaram-se para este tópico. A formulação final da Hipótese do Mercado Eficiente foi elaborada pelo americano Eugene Fama em

De acordo com Fama (1970), o mercado pode ser classificado em três tipos do ponto de vista da eficiência:

- A distribuição entre as diferentes formas de eficiência é feita de acordo com o conjunto de informação que é refletido nos preços.



Mais tarde, em 1991, Fama reformulou a sua definição de eficiência. Assim, um mercado é considerado eficiente quando os preços refletem a informação disponível até ao ponto em que o proveito marginal gerado com essa informação excede o custo marginal da

sua obtenção. O autor refere ainda, que, apesar da definição estabelecida por ele em 1970 ser difícil de ocorrer nos mercados de capitais, tem a vantagem de construir o padrão de comparação para determinar o grau de eficiência dos vários mercados.

Analizando tudo isto vemos que a palavra “eficiência” neste caso significa nível de informação e não eficiência operacional. Então, a Hipótese de Eficiência do Mercado baseia-se no pressuposto de que toda a informação (os dados históricos sobre os preços de mercado, informações públicas e informações privadas) está disponível de igual modo para todos os investidores, e onde nenhum deles tem acesso a mais informação que os restantes. Inicialmente, assume-se que todos os participantes do mercado são racionais, isto é, não assumem risco se este não for compensado por um nível adequado de rentabilidade. Nenhum dos participantes do mercado será capaz de obter uma rentabilidade a longo prazo substancialmente mais elevada do que a rentabilidade do mercado para um determinado nível de risco. Os preços de mercado variam aleatoriamente, por isso as tendências ou padrões do passado não permitem julgar o movimento no futuro. Por outras palavras, em condições de mercado eficiente, a utilização de instrumentos de análise técnica e fundamental é inútil.

Embora muitos estudos suportem a EMH, muitos a negam. Muito embora a teoria proposta não tenha sido refutada, as suas principais disposições têm sido criticadas. Na realidade, a informação não está acessível a todos os participantes nos mercados. Algumas das informações são privadas, disponíveis apenas, geralmente, a um círculo restrito de pessoas. Alguns dos agentes económicos são capazes de obter a informação pertinente de maneira melhor ou antes dos demais. Há dúvidas sobre se todas as pessoas agem racionalmente. Além disso, os participantes do mercado também podem ter um apetite diferente face ao risco. Isto leva a que, quando confrontados com a mesma situação, os investidores possam tomar várias decisões diferentes, muitas vezes contrárias às disposições básicas da Hipótese do Mercado Eficiente.

Um outro aspeto importante contrário à EMH tem a ver com as anomalias de mercado. Por exemplo, o efeito Janeiro (*The January Effect*) – os retornos de ações são significativamente maiores em Janeiro do que nos outros meses do ano; o efeito dia da semana (*Day of the Week Effect*) – o retorno proporcionado pelo investimento em ações é maior no início e no final de semana; o efeito de mudança de mês (*Turn of the Month Effect*) – as ações apresentam retornos maiores nos quatro primeiros dias do mês e no último dia do mês; o efeito tamanho (*Size Effect*) – os retornos ajustados ao risco de ações de empresas pequenas são maiores do que os retornos de empresas grandes; o efeito de sobre reação (*Overreaction Effect*) – os investidores sobrestimam dados recentes e subestimam os anteriores, provocando movimentos extremos nos preços.

O mercado é considerado como absolutamente eficiente relativamente a certas informações, se utilizando essas informações, os investidores podem decidir sobre a compra ou venda de valores mobiliários, permitindo-lhes a obtenção de lucro acima das expectativas. Hoje em dia os mercados não podem ser considerados absolutamente eficientes ou totalmente ineficientes. Podemos sim considerar os mercados como uma "mistura" de eficiência e ineficiência, onde as decisões e os eventos diários nem sempre

podem ser refletidos no mercado. Muitos autores acreditam que os mercados são eficientes nas formas fraca e semiforte, mas não na forma forte.

Para que um mercado possa ser considerado eficiente este deve ter uma dimensão significativa e bastante liquidez. As informações sobre a disponibilidade e o custo dos ativos financeiros deverão estar amplamente disponíveis e acessíveis aos investidores ao mesmo tempo. Os custos de transação devem ser inferiores à rentabilidade esperada da estratégia de investimento. Além disso, os investidores devem ter recursos suficientes para tirar partido das ineficiências, desde que, de acordo com a EMH, estas desapareçam novamente pelo próprio mecanismo automático de reequilíbrio do mercado.

Na era da tecnologia de informação, os mercados estão a tornar-se cada vez mais eficientes. As tecnologias da informação permitem que a informação seja distribuída de forma mais rápida e eficiente, e o e-commerce permite que os preços se ajustem às notícias que chega ao mercado mais rapidamente. Por outro lado, o excesso de informação disponível pode ser prejudicial para alguns investidores, se estes não forem capazes de distinguir aquela que é realmente essencial e correta.

Com base na Hipótese do Mercado Eficiente foram construídos diversos modelos matemáticos que têm como objetivo principal o cálculo do preço de opções, ações e a constituição de uma carteira ótima. Em particular, a Hipótese da Eficiência dos Mercados permitiu o desenvolvimento do CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), do APT (*Arbitrage Pricing Theory*), e da teoria da carteira eficiente de Markowitz (1952), que permite a construção de um portfólio ótimo do investidor, identificar ativos subvalorizados ou ativos supervalorizados, medir o risco sistemático, etc.

2.2. Modelos clássicos da gestão de carteiras

Nesta secção são descritos os principais modelos da Teoria de Otimização de Carteiras: a Teoria da Carteira de Markowitz ou também chamado Modelo de Média-Variância e o modelo CAPM – Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros.

2.2.1. Teoria da Carteira de Markowitz (Modelo de Média-Variância)

A abordagem tradicional de investimento que prevaleceu antes do advento da moderna teoria de investimentos em carteira, tinha duas desvantagens significativas. Em primeiro lugar, estava focado na análise do comportamento de cada ativo individualmente (ações, obrigações). Em segundo lugar, a principal característica dos ativos era apenas o rendimento, enquanto o outro fator – o risco - não tinha uma relação clara com as decisões de investimento.

A moderna teoria da carteira de investimento surgiu de um pequeno artigo de H. Markowitz “*Portfolio Selection*” publicado no “*Journal of Finance*” em 1952. Nele, é proposto um modelo matemático da carteira ótima de valores mobiliários, e são desenvolvidos métodos de construção de tais carteiras sob certas condições. O método

de pesquisa de uma carteira de investimentos proposto por Markowitz é o denominado "Modelo de Média-Variância" (*mean-variance analysis*). Como sabemos, Markowitz (1952) determina que as duas características fundamentais de uma carteira são o seu retorno esperado e a sua variância. A primeira característica fundamental da carteira, o seu retorno esperado, é simplesmente a média ponderada dos retornos dos ativos individuais.

$$E = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i$$

Onde:

X_i : a percentagem investida no ativo i ;

μ_i : o retorno esperado do ativo i ;

E : o retorno esperado da carteira.

A segunda característica de uma carteira é o seu risco, medido pela variância ou desvio padrão dos retornos dos ativos que fazem parte do portfólio.

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij}$$

Onde:

V : a variância da carteira;

X_i : a percentagem investida no ativo i ;

X_j : a percentagem investida no ativo j ;

σ_{ij} : a covariância entre o par de ativos se i diferente j e variância de i igual j ;

Vimos que Harry Markowitz desenvolveu um método que determina a variância de uma carteira como a soma das variâncias individuais de cada ação e covariâncias entre pares de ações da carteira, de acordo com o peso de cada ação na carteira.

Suponhamos que o mercado financeiro possuía n ativos disponíveis para investimento. A carteira que o investidor escolherá depende das suas preferências, nomeadamente do seu nível de retorno esperado para um determinado risco, ou do seu grau de aversão ao risco. Por exemplo, alguns investidores mais conservadores, preferem incorrer em menores riscos, aceitando menores retornos previstos. Outros investidores, considerados "agressivos", costumam selecionar carteiras com perspectivas de obter altos retornos, mesmo associadas a elevados riscos. Dependendo das preferências do investidor (minimizar o risco, maximizar o retorno, ou um *trade-off* entre risco e retorno) o Modelo de Média-Variância clássico proposto por Markowitz pode ser escrito nas formas:

- Minimização do risco para um certo nível de retorno esperado

$$\begin{aligned}
& \min_X \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \\
s. a \quad & \sum_{i=1}^n X_i \mu_i = E \\
& \sum_{i=1}^n X_i = 1 \\
& X_i \geq 0, i=1, \dots, n
\end{aligned}$$

- Maximização do retorno esperado para um certo nível de risco

$$\begin{aligned}
& \max_X \sum_{i=1}^n X_i \mu_i \\
s. a \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} = V \\
& \sum_{i=1}^n X_i = 1 \\
& X_i \geq 0, i=1, \dots, n
\end{aligned}$$

- *Trade-off* entre o risco e o retorno esperado. O modelo parametrizado que é muito utilizado na prática.

$$\begin{aligned}
& \max_X \lambda \sum_{i=1}^n X_i \mu_i - (1 - \lambda) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij} \\
s. a \quad & \sum_{i=1}^n X_i = 1 \\
& X_i \geq 0, i=1, \dots, n
\end{aligned}$$

Onde:

μ_i : o retorno esperado do ativo **i**;

E: o retorno esperado da carteira;

V: a variância da carteira;

X_i : a percentagem investida no ativo **i**;

X_j : a percentagem investida no ativo **j**;

σ_{ij} : a covariância entre o par de ativos se **i** diferente **j** e variância de **i** igual **j**;

$\sum_{i=1}^n X_i = 1$: todo o capital deve ser investido;

$X_i \geq 0$: não existe alavancagem.

λ : o parâmetro que determina o nível de aceitação de risco, $\lambda \in [0,1]$.

Para valores de λ próximos de um, o risco é considerado pouco importante, de modo que o investidor, neste caso, está mais preocupado com o retorno. Valores de λ próximos de zero evidenciam um investidor mais preocupado com o risco do que com o retorno. Assim, a escolha do λ deve ser feita de forma a considerar a preocupação que cada investidor tem com o risco e com retorno.

Em termos matemáticos, a estratégia de otimização obtida refere-se a uma classe de problemas de otimização quadrática com restrições lineares.

De acordo com o Modelo de Media-Variância de Markowitz (1952) os investidores tomam as suas decisões com base na rentabilidade esperada e no risco (na variância). O conjunto de oportunidades de investimento poderá ser representado no espaço $(\sqrt{V}; E)$. O eixo horizontal mostra o risco da carteira medido pelo desvio padrão do retorno da carteira. O eixo vertical mostra o retorno esperado. A sua representação gráfica pode ser definida como:

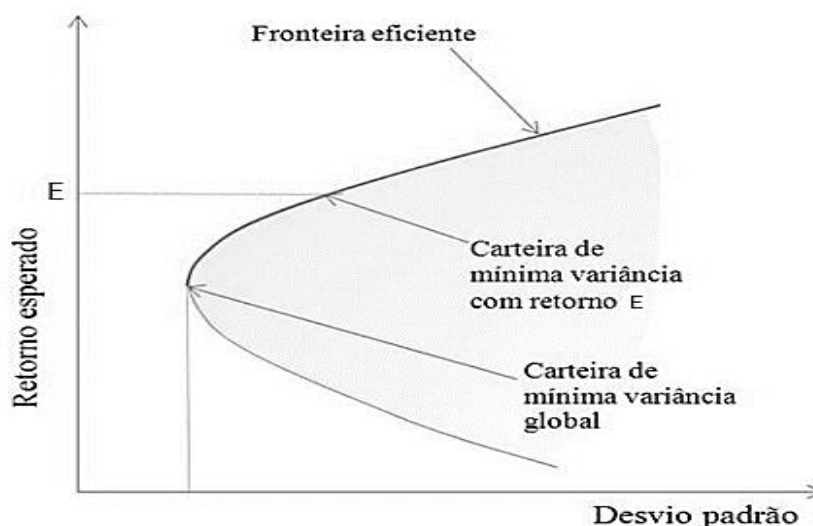


Figura 2.2. Fronteira de Eficiência.

Segundo Markowitz (1952), os investidores irão sempre preferir maior retorno para um mesmo nível de risco, e menor risco para um mesmo retorno. O melhor conjunto possível de carteiras é denominado de fronteira eficiente, isto é, neste conjunto todas as carteiras têm o mínimo nível de risco para dado nível de retorno e o máximo de retorno para dado nível de risco. Os demais pontos à direita dessa fronteira constituirão carteiras ineficientes.

Markowitz foi o pioneiro na formulação e desenvolvimento da teoria de diversificação de investimentos. A Teoria do Portfólio de Markowitz foi a primeira a evidenciar explicitamente a relação entre a diversificação do portfólio e a correlação entre os ativos. Para se minimizar a variância dos retornos de uma carteira (o risco), não basta

investir numa grande quantidade de ativos, é necessário evitar o investimento em ativos com alta covariância entre eles. O modelo atenta para a necessidade de se encontrarem ativos com baixa correlação entre si, para que um possa contrabalançar as perdas do outro. Na tentativa de reduzir a variância (risco), investir em diversos ativos não é o suficiente. Devemos diversificar entre indústrias, especialmente indústrias com diferentes características económicas, já que estas terão entre si covariâncias menores do que empresas da mesma indústria.

Assim, a base da estratégia de Markowitz foi o nível de rentabilidade esperada e a covariância da carteira de títulos. De acordo com Markowitz, (1952) o risco da carteira não depende somente do risco de cada um dos seus componentes e da percentagem da participação de cada um na carteira, mas também sofre a influência das correlações entre esses ativos. Markowitz observou que o risco individual de um investimento não é tão importante como o conjunto de todos os investimentos de um portfólio. Cada investimento possui um determinado risco e retorno esperado. Porém, se adicionarmos vários investimentos num portfólio, o risco e retorno esperado, atuando em conjunto, podem-se mostrar mais eficientes do que um investimento isolado.

Um dos inconvenientes mais significativos da teoria Markowitz é o pressuposto de que os retornos dos ativos seguem uma distribuição normal. A realidade parece comportar-se de forma diferente. Os ativos existentes só muito raramente podem ser descritos por uma distribuição de Gauss. A relação entre as classes de ativos não é fixa, mas pode variar dependendo de fatores externos (especialmente em casos de crise). Os investidores nem sempre são racionais, bem como os mercados nem sempre são eficientes.

No entanto, o seu trabalho não atraiu muita atenção dos economistas - teóricos e praticantes. Nos anos 50, o uso da teoria da probabilidade na teoria financeira era caso bastante incomum. Além disso, o fraco desenvolvimento computacional, bem como a complexidade dos algoritmos propostos por H. Markowitz, processos e fórmulas não permitiam a implementação das suas ideias. Não é assim por acaso que o seu mérito académico foi reconhecido muito mais tarde do que a publicação do seu trabalho. Em 1990, recebeu o Prémio Nobel de Economia.

A teoria da carteira H. Markowitz ganhou novo fôlego no final dos anos 50 – início de 60 do século XX com o trabalho de Tobin sobre problemas semelhantes. A abordagem de Markowitz está em linha com a análise microeconómica, porque incide sobre o comportamento dos investidores individuais, que formam, na sua opinião, a carteira ótima com base na sua própria avaliação de rentabilidade e de risco dos ativos selecionados. Além disso, este modelo está preocupado principalmente com uma carteira de ações, ou seja, com ativos de risco. J. Tobin propôs a inclusão na análise de ativos sem risco (por exemplo, títulos emitidos pelo Estado). De fato, a sua abordagem é macroeconómica, já que o principal objeto de estudo é a distribuição do capital total da economia em duas formas: à vista (em dinheiro) e na forma de valores mobiliários. Nos trabalhos de Markowitz, a ênfase não estava na análise económica de postulados iniciais da teoria, mas na análise matemática dos seus efeitos e no desenvolvimento de algoritmos de resolução de problemas de otimização. O tema principal de Tobin é a

análise dos fatores que fazem com que os investidores queiram formar um portfólio em vez de manterem o capital sob qualquer outra forma (por exemplo, dinheiro).

2.2.2. Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros - CAPM

Nas últimas décadas, o *Capital Asset Pricing Model* (CAPM – Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros) tem suscitado grande interesse por parte da comunidade científica. O CAPM surgiu como uma combinação entre a Hipótese de Eficiência dos Mercados e a Teoria da Carteira, em que o investidor tinha sempre um comportamento racional e seria avesso ao risco, resultando assim num modelo de equilíbrio geral. O CAPM foi originalmente construído como um modelo estatístico de um período de equilíbrio geral do mercado eficiente. Atualmente, existem várias versões do modelo. O modelo CAMP mais conhecido é a versão Sharpe-Lintner [Sharpe (1964), Lintner (1965)].

Como já sabemos o modelo desenvolvido por William Sharpe (1964) e John Lintner (1965) foi chamado de CAPM (*Capital Assets Pricing Model*) ou Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros. De acordo com este modelo, a rentabilidade de um dado ativo ou carteira está linearmente relacionada com o seu coeficiente beta (fator risco), através da seguinte equação (forma mais conhecida):

$$E[R_i] = R_f + \beta_i[E(R_m) - R_f]$$

Onde:

$E[R_i]$: a taxa de rendimento exigida para o ativo com risco i ;

R_f : taxa de juro de um ativo sem risco;

β_i : risco sistemático do ativo i em relação ao mercado;

$E(R_m)$: a taxa de rendimento do mercado de ativos com risco;

$E(R_m) - R_f$: o prémio de risco de mercado.

O prémio de risco (diferença entre a taxa de retorno esperada e a taxa de retorno livre de risco) é o excedente que os investidores exigem para investir numa ação face à rentabilidade do ativo sem risco.

A rentabilidade esperada do ativo i é assim igual à soma de duas componentes. A primeira componente (R_f) compensa o investidor pelo facto de adiar o consumo durante um período de tempo. A segunda ($\beta_i[R_m - R_f]$) compensa o investidor pelo risco assumido.

$$\text{Retorno esperado} = \text{Preço do tempo} + \text{Quantidade de risco} * \text{Preço de risco}$$

Esta forma linear, dependendo do preço do risco, ocorre apenas como resultado das premissas básicas do modelo. O CAPM foi constituído e fundamentado nas premissas

das teorias da utilidade e da Hipótese da Eficiência de Mercado. Estes pressupostos, apresentados por Sharpe (1964), são:

- os indivíduos tomam as suas decisões de investimento com base apenas nos valores esperados e na variância das distribuições futuras dos rendimentos;
- concorrência perfeita, não existindo custos de transação nem impostos, regulamentações e/ou outras restrições;
- os ativos são infinitamente divisíveis, de modo que o investidor pode escolher qualquer posição num investimento;
- os indivíduos são racionais, avessos ao risco e maximizam a sua utilidade esperada;
- os indivíduos possuem expectativas homogêneas, ou seja, têm expectativas idênticas em relação aos retornos esperados, à variância dos retornos e à matriz de correlação entre todas as ações, o que pressupõe que todas as informações relevantes estejam disponíveis a todos os investidores;
- existe um ativo sem risco, que é importante na determinação do preço dos ativos com risco;
- todos os indivíduos podem financiar e obter financiamento à taxa de juro sem risco, na quantidade de fundos que desejarem;
- todos os indivíduos têm o mesmo horizonte temporal para tomar suas decisões de investimento, que é de um período de tempo.

Obviamente, estas propostas tendem a ignorar muitas das características do mundo real. Muitos dos pressupostos do CAPM são insustentáveis e alguns deles até impossíveis de se observar nas condições reais das economias mundiais. No entanto, eles permitem-nos chegar a um equilíbrio nos mercados de valores mobiliários.

Estes pressupostos não são suficientemente rigorosos a ponto de invalidar o modelo, mesmo que sejam impossíveis de serem verificados na realidade do mercado. Na verdade, eles servem para descrever um modelo financeiro e as suas aplicações práticas.

Na base do modelo CAPM, está a formação da Reta do Mercado de Capital (*Capital Market Line* - CML). Se uma carteira é formada pela combinação de ativos com risco e de ativos sem risco, a curva da Fronteira Eficiente assume a forma de uma reta – Linha do Mercado de Capitais (CML). A equação da reta pode ser escrita como:

$$\overline{R_p} = R_F + \left(\frac{\overline{R_M} - R_F}{\sigma_M} \right) \sigma_p$$

Onde:

$\overline{R_p}$: o retorno esperado da carteira **p**;

R_F : o retorno do ativo sem risco;

$\overline{R_M}$: o retorno esperado da carteira de mercado;

σ_p : o desvio padrão de uma carteira **p**;

σ_M : o desvio padrão do retorno da carteira de mercado.

Esta reta é representada no espaço $(\sigma_p, \overline{R_p})$.

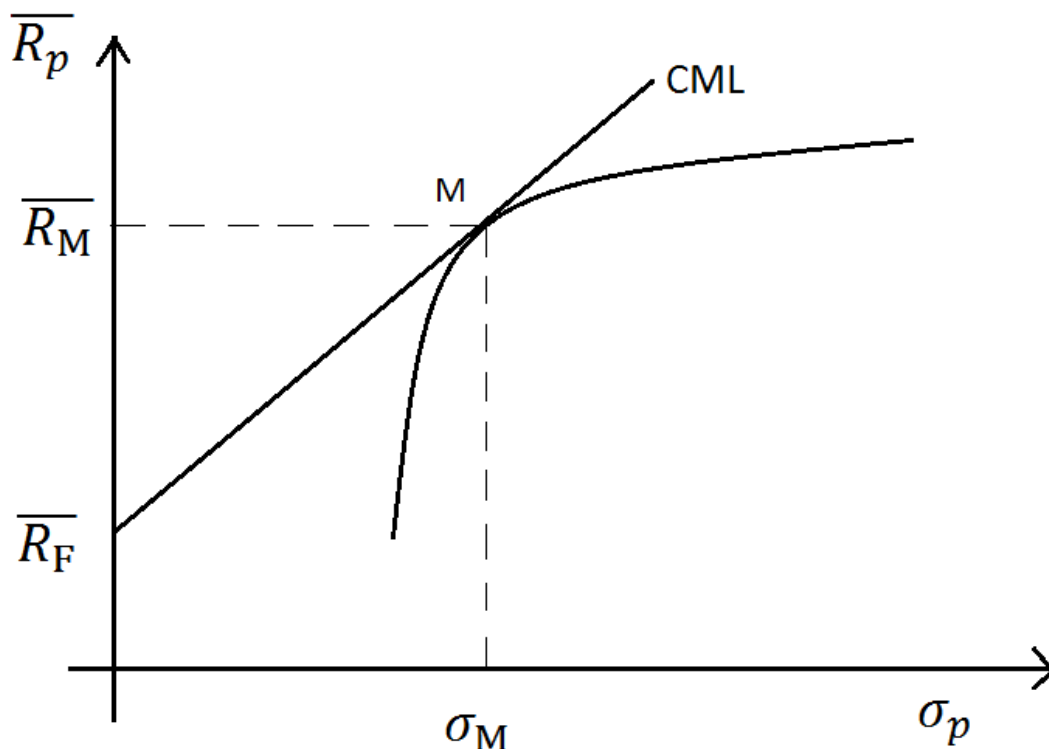


Figura 2.3. Linha de Mercado de Capitais (CML).

O ponto **M** indica uma carteira composta por ativos sem e com risco. O segmento de reta $R_F M$ contém todas as possíveis combinações de ativos sem e com risco. O segmento à direita do ponto **M** somente é alcançável se o investidor conseguir captar fundos a uma taxa livre de risco e aplicar esses recursos adicionais na carteira **M**.

A escolha da carteira eficiente na Reta do Mercado de Capitais depende das preferências dos investidores em relação ao risco. Se o investidor prefere um risco menor, então a carteira escolhida situa-se mais à esquerda de **M**. De forma contrária, a carteira escolhida situar-se-á mais à direita.

A Reta do Mercado de Capitais (CML) confirma-nos a relação linear existente entre a rentabilidade esperada de uma carteira eficiente e o seu risco, medido pelo desvio padrão. A ordenada na origem desta reta é a taxa de juro sem risco (R_F). Quando um investidor adquire um ativo sem risco, está a fornecer ao mercado rendimento à taxa de juro sem risco, isto é, a conceder financiamento. Se ele procura obter um maior retorno esperado, ele deve aceitar algum risco. O declive da reta indica-nos o *trade-off* entre a rentabilidade esperada e o risco. Um declive positivo indica que, se o portfólio tem um risco mais elevado, então deverá ter também um rendimento esperado mais elevado. Consequentemente, se um investidor pretende obter um maior retorno esperado, ele

tem que aceitar um risco mais elevado. A inclinação da CML deve ser vista como uma recompensa em termos de retornos esperados por cada unidade adicional de risco que o investidor assume.

É importante sublinhar que só os portfólios eficientes é que estão na CML. Um portfólio ineficiente ou um ativo individual ficam necessariamente abaixo daquela reta. A fórmula da Linha de Mercado de Capitais é válida apenas para as carteiras eficientes, que são uma combinação da carteira de mercado **M** e de títulos livres de risco.

2.3. Coeficiente beta (medida de risco sistemático)

Risco e retorno são variáveis básicas da tomada de decisão de investimentos. O risco pode ser definido como o grau de incerteza associado a um investimento: quanto maior a volatilidade dos retornos maior o risco. Quando dois projetos têm os mesmos retornos esperados, escolhe-se o de menor risco. Em gestão e finanças, risco é a possibilidade de perda financeira. Uma definição simples de risco dada por Weston e Brigham (2000) é a que considera o risco como uma possibilidade de que algum acontecimento desfavorável venha a ocorrer, um perigo. O risco de um investimento está ligado à probabilidade de se ganhar menos do que o esperado. De acordo com Gitman (1997), o risco é “a possibilidade de prejuízo financeiro”. Para Groppelli, Ehsan (2000), o risco é uma medida da volatilidade ou incerteza dos retornos.

De acordo com Sharpe (1970), o risco total de um ativo ou de uma carteira pode ser dividido em duas partes: o risco sistemático (não diversificável ou não específico) e o risco não sistemático (diversificável ou específico).

$$\text{Risco total} = \text{Risco sistemático} + \text{Risco não sistemático}$$

O risco não sistemático depende exclusivamente das características de cada ativo e é função de uma série de fatores que podem afetar o desempenho da empresa. O risco diversificável ou não sistemático é uma parcela causada por eventos controláveis pela empresa. Para Gitman (1997), o risco não sistemático ou risco específico da empresa “é a parte do risco de um ativo que pode ser atribuída a causas aleatórias, específicas a uma firma”. Este tipo de risco, por sua vez, pode ser eliminado pelo processo de diversificação dos ativos que compõem uma carteira, tal como sugerido por Markowitz (1952). Como sabemos, podemos diminuir o risco não sistemático pela aquisição de ativos que sejam negativamente correlacionados entre si.

O risco sistemático é aquele proveniente de mudanças no cenário macroeconómico que afetam todos os ativos. De acordo com Gitman (1997), o risco sistemático “é atribuído a fatores de mercado que afetam todas as empresas”. O risco sistemático é também conhecido como o risco de mercado e considera-se o risco geral do mercado. Ou seja, o risco relacionado com o mercado em todo o seu conjunto, como por exemplo os aspetos políticos, sociais ou económicos do mundo, do país ou apenas do sector, ou ainda outros que alteram o comportamento da maioria dos investidores. A crise financeira e económica, mudanças inesperadas nas taxas de juros ou taxas de câmbio ou o aumento

desmedido dos preços do petróleo são fatores que afetam muitas ações ao mesmo tempo e, portanto, constituem um risco sistemático.

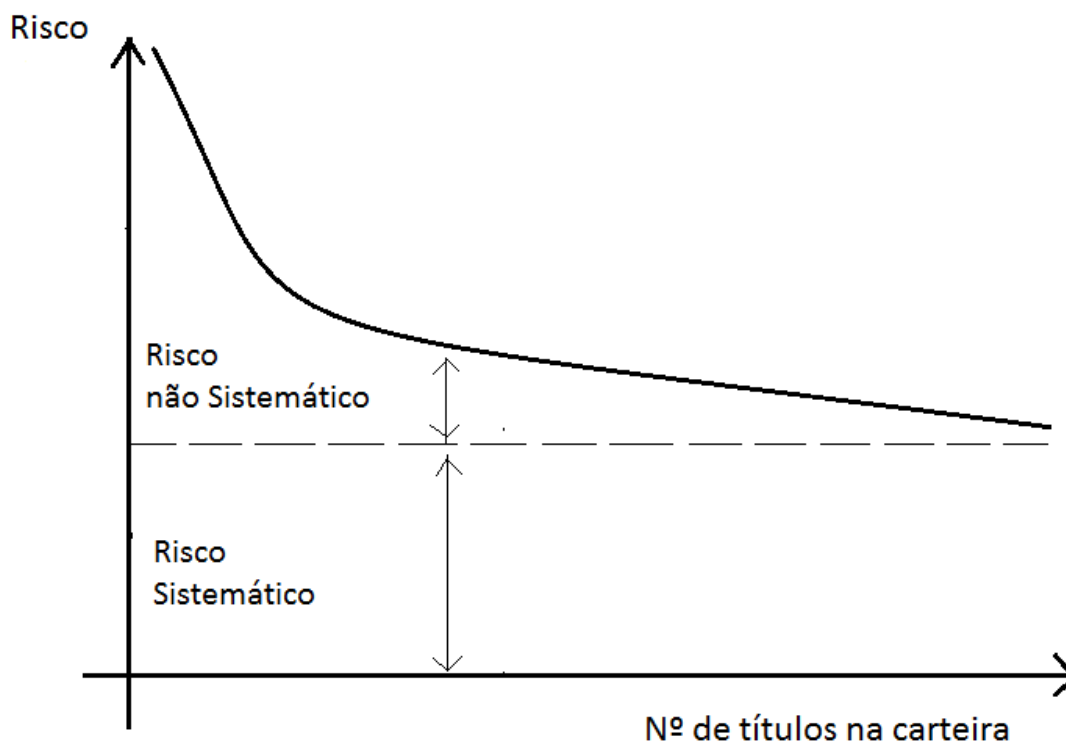


Figura 2.4. Tipos de risco.

Como mencionado, uma parte do risco total (risco não sistemático) pode ser eliminada pela diversificação. Repetindo o processo de formação de carteiras será possível verificar que a diversificação de ativos de uma carteira é o caminho mais apropriado para reduzir o risco, mas que, no entanto, há um limite para essa redução. Isto significa que a diversificação vai reduzir o risco, mas só até determinado ponto. Existe uma parte do risco total (risco sistemático) que não pode ser eliminada através da diversificação. Uma medida do nível de risco sistemático, de acordo com Sharpe (1970) é o coeficiente beta (β). A ideia básica do beta é mostrar a sensibilidade de uma variação do retorno de um ativo individual à variação do retorno da carteira de mercado. Por outras palavras, o beta do ativo (ou carteira) indica a variação que os investidores esperam no retorno do ativo (ou da sua carteira) por cada 1% de mudança no mercado.

Segundo Ross (2002), o beta pode ser definido como a contribuição de um ativo i para o risco de uma carteira ampla e diversificada. Brealey, Meyers e Allen (2008) definem o beta como a sensibilidade do ativo i em relação aos movimentos do mercado. O coeficiente beta pode ser definido como a covariância entre os retornos de um ativo e os retornos da carteira de mercado, dividida pela variância do retorno da carteira de mercado.

$$\beta_i = \frac{\sigma_{i,M}}{\sigma_M^2} = \frac{Cov(R_i, R_M)}{Var(R_M)}$$

Onde:

β_i : o beta do ativo i;

$Cov(R_i, R_M)$: a covariância entre o retorno do ativo i e o retorno do mercado;

$Var(R_M)$: a variância do retorno do mercado.

Assim, quanto maior a covariância entre o retorno de um ativo e o retorno do mercado, maior será o beta deste ativo e maior será o seu risco.

Abaixo, podemos ver os valores do beta e a sua relação com o risco de mercado:

- Quando $\beta = 0$, este investimento é considerado como sendo livre de risco. O ativo não possui risco sistemático. Uma variação de 1% no retorno do mercado não modificará o retorno do título.
- Quando $\beta < 1$, o risco sistemático é menor do que o risco de mercado. Uma variação de 1% no retorno do mercado traduzir-se-á num movimento inferior a 1%.
- Quando $\beta = 1$, o risco sistemático é igual ao risco do mercado. Uma variação de 1% no retorno do mercado traduzir-se-á num movimento também de 1%.
- Quando $\beta > 1$, o risco sistemático é maior do que o risco de mercado. Uma variação de 1% no retorno do mercado traduzir-se-á num movimento superior a 1%.

Uma das maneiras de se estimar o retorno em função do risco é utilizar a SML (*Security Market Line*), ou seja, o CAPM. Como sabemos o modelo CAPM é um modelo simples e bastante usado para medir a rentabilidade esperada de um ativo relativamente ao seu risco sistemático (o beta). O CAPM argumenta que o investidor quer ser remunerado apenas pelo risco de mercado ao qual está exposto, e que este risco pode ser medido pelo coeficiente beta, cujo valor depende de como os retornos do ativo variam em conjunto com os retornos da carteira de mercado, e é expresso pela fórmula (na secção 2.2.2 foi representado o modelo CAPM na sua versão mais simples):

$$E[R_i] = R_f + \beta_i[E(R_m) - R_f]$$

Assim, o retorno esperado de uma ação está linearmente relacionado com o seu beta, sendo beta o coeficiente de linearidade. Quanto maior for o β , maior será o risco sistemático da empresa e, conseqüentemente, maior será a remuneração exigida pelo acionista. Podemos estimar a reta que reflete o retorno exigido no mercado para cada nível de risco não diversificável. Esta reta é conhecida como a Linha de Mercado de Título (SML - *Security Market Line*). A SML é apenas uma representação gráfica do CAPM:

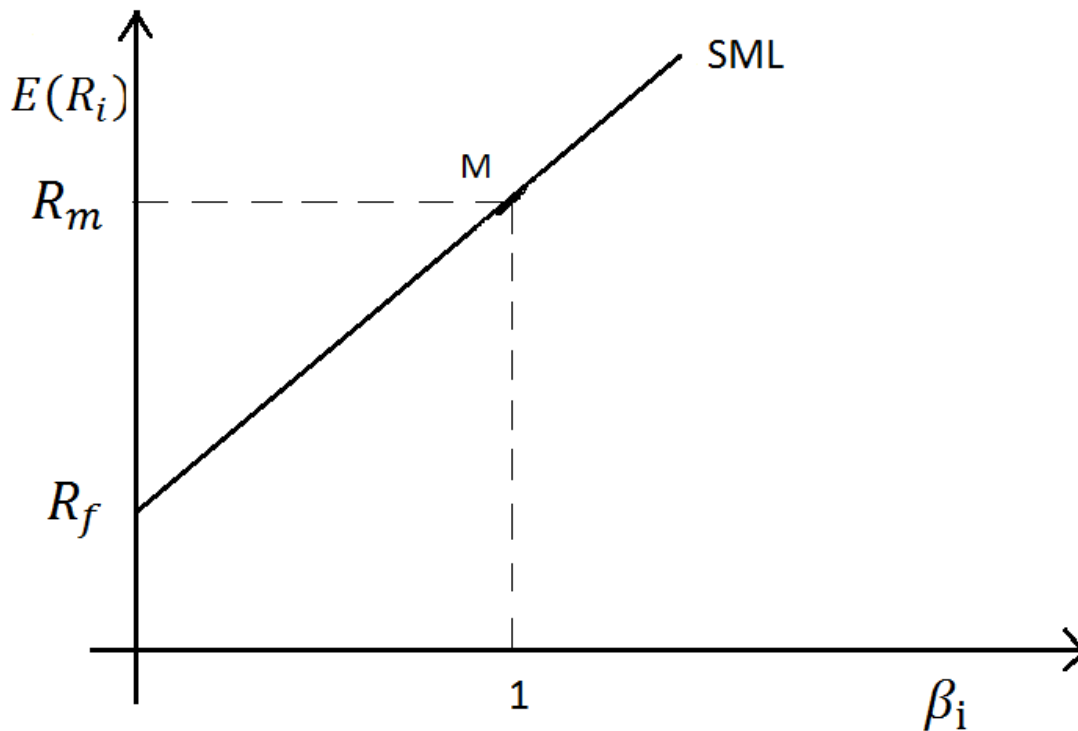


Figura 2.5. Linha de Mercado de Títulos (SML).

A reta SML está representada no espaço $(\beta, E(R))$. A ordenada na origem desta reta corresponde à rentabilidade do ativo sem risco (R_f), e diz-nos também a rentabilidade esperada de um ativo (ou carteira de ativos) com o beta igual a zero. Para os títulos com um risco nulo ($\beta = 0$) a sua rentabilidade esperada é igual à rentabilidade do ativo sem risco ($E[R_i] = R_f$).

Para os títulos com um beta unitário ($\beta = 1$) a sua rentabilidade esperada é igual à rentabilidade esperada do portfólio de mercado ($E[R_i] = R_m$).

Vimos que a reta SML passa pelos pontos $(0; R_f)$ e $(1; R_m)$. Então, se sabemos a rentabilidade do ativo sem risco (R_f) e a rentabilidade esperada do portfólio de mercado (R_m) podemos construir a reta SML. Em equilíbrio de mercado, a rentabilidade esperada de cada ativo e/ou de uma carteira, independentemente de serem eficientes ou não, está localizada ao longo da SML.

O beta do título é medido no eixo horizontal. O coeficiente de inclinação $[E(R_m) - R_f]$ é positivo, pois o retorno esperado da carteira de mercado (R_m) é superior a taxa de juro sem risco (R_f). Uma vez que a carteira de mercado é um ativo com risco, a teoria indica que o seu retorno esperado (R_m) é maior do que a rentabilidade do ativo sem risco (R_f). Deste modo, vemos que o retorno esperado de um título está positivamente relacionado com o seu beta. Por conseguinte, quanto maior for o retorno esperado da carteira de mercado (R_m), maior será a sua inclinação.

A Linha de Mercado de Títulos pode não ser estável no tempo. Quer a inflação quer a aversão ao risco podem alterar-se. Se a inflação aumentar irá aumentar a taxa de retorno isenta de risco. A inflação acrescenta um prémio à taxa de retorno isenta de risco e de inflação e faz deslocar a SML para cima. Se a aversão ao risco aumentar a inclinação da reta representativa da SML também tenderá a aumentar.

O principal problema da aplicação prática da Linha de Mercado de Títulos é que esta é baseada nos mesmos pressupostos que o modelo CAPM, já referidos anteriormente. Como sabemos, os mercados reais não são caracterizados por um grau de eficiência absoluta, já que diferentes investidores têm diferentes oportunidades para atrair financiamento adicional, e os impostos e os custos de transação têm um impacto significativo sobre a formação de uma carteira individual. Por estes motivos, diversos ativos que estão disponíveis no mercado não se encontram sob uma linha reta. Quando se constrói a Linha de Mercado de Títulos, uma parte destes vai ficar acima, enquanto uma outra parte irá ficar abaixo da reta SML.

Uma das principais razões para esta situação tem a ver com a utilização do beta como a única medida de risco associada ao investimento num título. Nos mercados reais existem, no entanto, diversos riscos com impacto direto sobre a taxa de retorno exigida, o que conduz a uma mudança de posição de um título relativamente à Linha de Mercado de Títulos.

Mas vamos então assumir que o beta é uma medida de risco total. Os títulos localizados acima da SML estão subavaliados pelo mercado, porque oferecem aos investidores retornos mais elevados com menor risco (β). Pelo contrário, os títulos cujo rendimento é inferior ao proposto pela SML, estão sobrestimados. Estes têm uma menor taxa de retorno exigida face a um nível mais elevado de risco. Consequentemente, os títulos em que o preço é "justo", estão localizados exatamente sob a SML. Nesta situação, o seu retorno esperado é totalmente consistente com o seu risco. Nos casos em que estejam reunidas as condições CAPM, todos os títulos devem estar posicionados sob a SML (sujeitos ao equilíbrio do mercado).

Na secção 2.1.2 foi apresentada a reta *Capital Market Line* (CML). Qual é a diferença entre a CML e a SML? Sublinhamos mais uma vez: só os portfólios eficientes é que estão na CML. Um portfólio ineficiente ou um ativo individual não pertencem à CML, situando-se abaixo desta. Uma vez que a carteira de mercado é diversificada, tanto quanto possível, irá posicionar-se sob a CML, enquanto que o seu desvio-padrão corresponde ao risco sistemático, determinado unicamente pelo mercado. A *Security Market Line* (SML) é válida quer para todos os títulos individuais, quer para todos os portfólios, eficientes ou não, desde que se esteja numa situação de equilíbrio de mercado. A medida de risco sistemático é o coeficiente beta.

Como sabemos, o CAPM utiliza dados históricos para estimar os retornos exigidos. Isto significa que os betas podem ou não refletir efetivamente a variabilidade futura dos retornos. Dessa forma, os retornos exigidos especificados pelo modelo devem ser usados somente como aproximações, exigindo algum cuidado na sua utilização.

2.4. Principais críticas e modificações ao modelo original CAPM

No final dos anos 60, vários estudos dedicaram-se a testar o modelo CAPM, desenvolvido por William Sharpe (1964). Este modelo tem sido um dos modelos mais estudados, analisados e testados na literatura financeira [ver entre outros Black (1972), Roll (1977), Black (1993), Elton (1999)]. Vários estudos sobre o teste empírico do modelo apresentaram variações significativas entre os dados reais e estimados, o que é motivo de sérias críticas ao modelo CAPM.

Um dos críticos mais famosos é Richard Roll (Roll, 1977). O autor enfoca o problema da formação da carteira de mercado, argumentando que é impossível montar uma carteira desse tipo, isto é, uma carteira tal que inclua todos os ativos do mercado. Alguns destes ativos não são possíveis de avaliar, tais como o capital intelectual, ou por vezes é difícil de conciliar os preços de ações com outros ativos, como imóveis. Portanto, como aproximação à carteira de mercado, para cálculos práticos utiliza-se normalmente o índice de mercado. Esta abordagem para a formação da carteira de mercado pode, eventualmente, distorcer os resultados do estudo, isto é, o valor do coeficiente beta.

O coeficiente beta é também objeto de críticas. Levy (1971) e Blum (1975) prestam atenção à estabilidade do beta no tempo. Os autores concluíram que, para qualquer ação, o valor do coeficiente beta varia com o tempo. No entanto, se com essas mesmas ações constituirmos uma carteira de forma aleatória, por exemplo com 10 ações cada, o coeficiente beta dessa carteira pode tornar-se suficientemente estável e assim, ser considerado uma boa estimativa do risco da carteira para esse período de tempo. Levy (1971) concluiu que, utilizando betas históricos na previsão dos betas futuros, podemos observar subestimação das carteiras de beta inferior e sobrestimação das carteiras de beta superior. Blum (1975) concluiu que, a longo prazo, o beta tende para um, ou seja, a convergir para a média dos coeficientes beta, e o risco inerente da empresa tende para o risco médio da indústria. Isto significa que betas históricos altos (> 1) tendem a sobrestimar betas em futuros períodos de tempo, e betas históricos baixos (< 1) tendem a subestimar betas em períodos futuros. Usando os resultados deste estudo, o autor propõe um ajuste no cálculo do beta:

$$\beta_{aj} = \frac{2}{3} * \beta_n + \frac{1}{3} * 1$$

Onde:

β_{aj} : o beta ajustado;

β_n : o beta histórico.

Um outro objeto de crítica é também a suposição da existência de um ativo livre de risco. Na prática, utiliza-se o rendimento de títulos do governo, para os quais o risco de não pagamento é reduzido, mas ainda existente. O problema é que a taxa real de retorno sobre eles é muitas vezes negativa devido à inflação.

Em resultado destas críticas, o CAPM passou a ser alvo de inúmeros testes empíricos. A partir destes, surgiram algumas das suas falhas, uma vez que o poder explicativo do

modelo não se mostrava satisfatório face às análises, e, portanto, a efetividade do mesmo passou a ser questionada. Tudo isto acordou a curiosidade dos investigadores em finanças, nomeadamente para a procura de soluções que aumentassem o fator explicativo do CAPM. Novos modelos foram desenvolvidos com o objetivo de melhor medir a relação risco-retorno dentro do ambiente financeiro, como por exemplo o Modelo Condicional CAPM (C-CAPM - *Conditional Capital Asset Pricing Model*), o *Downside Capital Asset Pricing Model* (D-CAPM) e o Modelo de Avaliação por Arbitragem (APT - *Arbitrage Pricing Theory*), os quais abarcariam um maior número de variáveis e uma melhor adequação dos pressupostos, tendo em vista as características de cada mercado. Isso possibilitaria o aumento da eficiência bem como do seu poder de explicação. Muitas das novas modelos do CAPM têm como base o próprio CAPM representando, na verdade, variantes do mesmo.

A segunda versão do CAPM menos conhecida é uma versão de Black ou versão beta-zero (Black, 1972). Como na versão "clássica" do CAPM (versão Sharpe-Lintner), o retorno esperado de qualquer ativo é proporcional ao seu risco relativo, que é uma medida da covariância dos retornos de ativos e qualquer um dos portfólios eficientes. Em contraste com a versão "clássica", o modelo CAPM na versão Black não implica a existência no mercado do ativo sem risco. A diferença nas conclusões do modelo Black é que o retorno esperado de qualquer ativo pode ser descrito pelo retorno esperado de qualquer carteira eficiente e pela rentabilidade de uma carteira hipotética (o ativo com o beta igual a zero). Assim, o ativo com o beta igual a zero é a combinação de ativos com risco, cujo retorno tem uma covariância zero com a dada carteira eficiente e um menor nível de risco. Este modelo é assim representado por:

$$E[R_i] = E(R_z)(1 - \beta_i) + E(R_m)\beta_i$$

Onde:

$E[R_i]$: rentabilidade esperada do ativo i;

$E(R_z)$: rentabilidade esperada da carteira de mínima variância e covariância zero com o mercado (carteira beta-zero);

β_i : risco sistemático do ativo i em relação ao mercado;

$E(R_m)$: rentabilidade esperada do portfólio de mercado.

O modelo Black não exige que todos os investidores tenham a mesma carteira de investimento. Outros investidores podem gerar carteiras de investimento de acordo com as suas preferências, usando diferentes carteiras eficientes e, conseqüentemente, diferentes ativos com beta zero. Estas diferenças tornam o modelo Black mais realista e flexível do que o modelo de Sharpe-Lintner, mas também muito mais difícil de verificar.

Também se pode destacar o Modelo de Avaliação por Arbitragem (APT - *Arbitrage Pricing Theory*) desenvolvido por Ross (1976). Este, ao contrário do seu predecessor (versão Sharpe-Lintner), possui mais do que um fator a exercer influência sistemática sobre os ativos. O modelo APT tem como suposição fundamental que o retorno

esperado dos ativos com risco resulta de uma combinação linear de “k” fatores. De acordo com Ross (1976), a relação entre risco e retorno pode ser escrita do seguinte modo:

$$R = R_F + (R_1 - R_F)\beta_1 + (R_2 - R_F)\beta_2 + (R_3 - R_F)\beta_3 + \cdots (R_k - R_F)\beta_k$$

Onde:

R: a taxa de retorno aleatória esperada do ativo;

R_F : a taxa sem risco;

R_k : o retorno esperado de um título (ou carteira) cujo beta em relação ao fator **k** é igual 1 e cujos betas em relação a todos os demais fatores são iguais a zero;

β_k : o beta do título em relação ao fator **k**;

$(R_k - R_F)$: o retorno do fator **k** acima da taxa de juro sem risco.

A equação diz-nos que o retorno esperado do título depende dos betas relativos a cada um dos fatores incluídos. Cada fator representa um determinado risco que não pode ser eliminado por meio da diversificação. Estes fatores podem ser de âmbito macroeconómico (por exemplo inflação, taxas de juros, PIB (Produto Interno Bruto), taxas de câmbio) ou setorial (tamanho das empresas, relação valor contábil/valor de mercado, índice preço/lucro, entre outros) e são muito relevantes para explicar os retornos esperados. O modelo APT deixa, no entanto, em aberto questões como o número e a identificação destes mesmos fatores.

A teoria de formação de preços por arbitragem baseia-se na lei do preço único: dois ativos idênticos, ou seja que proporcionam o mesmo retorno, não podem ser vendidos a preços diferentes.

Como sabemos, a relação estabelecida pelo CAPM é alcançada pela hipótese de que a economia está em equilíbrio. A APT vale também para situações de desequilíbrio, desde que não existam oportunidades de arbitragem na economia. O modelo APT não necessita de hipóteses acerca de distribuição dos retornos dos ativos nem sobre a estrutura de preferências dos indivíduos.

Hubermann (1982) afirma que a grande vantagem do modelo APT é que os seus testes empíricos não estão centrados no portfólio de mercado, como acontece com outros modelos. Ross, Westerfield e Jaffe (2002) concluem que uma das vantagens do APT é a sua capacidade de lidar com diversos fatores, ao passo que o CAPM os ignora.

Vimos que o modelo APT responde a algumas questões empíricas não resolvidas pelo CAPM. Evidencia, também, a discussão dos fatores macroeconómicos que afetam os retornos esperados dos ativos em conjunto, os quais não são captados pelo CAPM.

Eugene Fama e Kenneth French (1993) propuseram o uso de um Modelo de Três Fatores para explicar o retorno das ações, o qual introduz a ideia de que a carteira de mercado não engloba todos os riscos sistemáticos. Através de testes multivariáveis (regressões múltiplas), foram encontradas duas variáveis que explicam a maior parte das variações dos retornos médios. Uma delas é o índice valor contabilístico/valor de mercado que tem uma relação positiva com os retornos das ações e outra é a variável dimensão da empresa que tem uma relação negativa bastante significativa.

O Modelo de Três Fatores de Fama e French (1993) é uma extensão do modelo de avaliação de ativos de Sharpe (1963), Lintner (1965) e Black (1972), o CAPM. O modelo CAPM considera o fator de mercado como único responsável pela diferença de retorno entre ativos financeiros. O Modelo de Três Fatores de Fama e French (1993) inclui dois novos fatores, relacionados com o valor de mercado e a relação entre valor patrimonial e valor de mercado das empresas.

Para explicar o retorno das ações os autores utilizam os seguintes fatores de risco:

- o excesso de retorno em relação ao mercado (fator mercado);
- a diferença entre os retornos de carteiras de ações de empresas de alta capitalização (fator relação valor contabilístico/valor de mercado (HML – *High Minus Low*), também designada por B/M (*Book to Market Value*));
- a diferença entre os retornos de carteiras de ações de empresas pequenas e empresas grandes (fator tamanho (SMB – *Small Minus Big*)).

Esta versão do Modelo dos Três Fatores, com os respetivos betas β_{1i} , β_{2i} , β_{3i} estimados por regressão linear múltipla, é expressa da seguinte forma:

$$R_i = R_f + \beta_{1i}(R_m - R_f) + \beta_{2i}(SMB) + \beta_{3i}(HML)$$

Onde:

R_i : o retorno esperado do ativo i ;

R_f : o retorno do ativo livre de risco;

R_m : o retorno esperado da carteira de mercado;

$R_m - R_f$: o prémio de mercado;

β_{1i} : o beta **1** do ativo i , coeficiente de sensibilidade do ativo i em relação ao prémio de mercado;

SMB: “Prémio pelo tamanho”;

β_{2i} : o beta **2** do ativo i , coeficiente de sensibilidade do ativo i em relação ao “prémio pelo tamanho”;

HML: “Prémio pelo alto B/M”;

β_{3i} : o beta **3** do ativo i , coeficiente de sensibilidade do ativo i em relação ao “prémio pelo alto B/M”.

Uma outra versão também interessante do modelo CAPM é o *Downside Capital Asset Pricing Model* (D-CAPM) desenvolvida por Estrada (2000). O modelo D-CAPM considera a semivariância como medida de dispersão, no lugar da variância. Se a distribuição das rentabilidades dos ativos é simétrica, não há problema algum em medir o risco pela variância (desvio padrão), pois a probabilidade de ocorrerem desvios negativos e positivos face à média é a mesma. Se a distribuição é assimétrica (normalmente nos mercados emergentes), a variância deixa então de ser uma medida eficaz do risco, pois a probabilidade de se obter um rendimento acima da média é diferente da probabilidade de se atingir um rendimento abaixo da média. Uma das vantagens da semivariância é que esta considera indesejáveis apenas os retornos abaixo do esperado, enquanto a variância considera igualmente indesejáveis todas as variações dos retornos. Conceptualmente, o objetivo é avaliar a perda sistemática. A medida de sensibilidade é o *downside* beta (B^D), obtida a partir da razão entre o semidesvio dos retornos do ativo e o semidesvio dos retornos do mercado, ou seja, a razão entre a co-semivariância entre os retornos do ativo e os do mercado e a semivariância dos retornos do mercado.

$$B^D = \frac{E\{Min[(r_i - \bar{r}_i), 0]. Min[(r_m - \bar{r}_m), 0]\}}{E\{Min[(r_m - \bar{r}_m), 0]^2\}}$$

Onde:

$E\{Min[(r_i - \bar{r}_i), 0]. Min[(r_m - \bar{r}_m), 0]\}$: co-semivariância;

$E\{Min[(r_m - \bar{r}_m), 0]^2\}$: semivariância.

Segundo Hogan e Warren (1974), o principal fator que motiva o uso da semivariância no lugar da variância é que a minimização da semivariância se concentra na redução das perdas, ao passo que a variância identifica como indesejáveis tanto ganhos extremos como perdas extremas. Ou seja, o retorno esperado talvez seja sacrificado na eliminação de ambos os extremos.

De acordo com Estrada (2000), essa medida de *downside risk* possui um maior poder explicativo dos retornos dos ativos em mercados emergentes do que o tradicional beta do CAPM. O cálculo do retorno esperado pelo D-CAPM é dado pela seguinte fórmula:

$$r_i = r_f + (r_m - r_f)B^D$$

Sendo assim, o D-CAPM consegue estimar melhor o retorno que o investidor efetivamente espera por estar a investir o seu capital em ativos de um país emergente.

Nos testes empíricos realizados, entre eles o de Fama e MacBeth (1973), Black, Jensen e Scholes (1972) foi assumido que o beta seria estático, ou seja, que o risco sistemático dos ativos não mudaria.

Uma das principais críticas ao CAPM é a não consideração da variação dos betas dos ativos ao longo do tempo. Estas críticas são fundamentadas em estudos como os de Ferson e Hervey (1991) e Ferson e Korajczyk (1995), que comprovam que a distribuição dos retornos dos ativos varia ao longo do tempo e, por isso, as expectativas de retorno também variam. A partir dessa ideia, foi desenvolvido o *Conditional Capital Asset Pricing*

Model (C-CAPM) ou CAPM condicional. A ideia principal é de que o risco sistemático não é estável ao longo do tempo, conforme pressupõe o CAPM. Assim, dadas possíveis alterações nas características fundamentais de uma empresa e no seu ambiente macroeconómico, o relacionamento entre o risco e o retorno de um ativo terá uma forma dinâmica. Desta forma, as informações presentes em determinado momento do tempo influenciam a expectativa de retorno dos investidores.

O C-CAPM pode ser formulado de diversas formas. Jagannatan e Wang (1996) desenvolveram o modelo CAPM condicional, considerando que a economia é dinâmica e tem vários ciclos de negócio, o que é compatível com a ideia de que os investidores estão continuamente a rever as suas expectativas em relação aos retornos dos ativos. Os autores admitem que a relação anterior se verifica em cada período **t**, tendo em conta a informação disponível no final do período **t-1**:

$$E[R_{it}|I_{t-1}] = \gamma_{0t-1} + \gamma_{1t-1}\beta_{it-1}$$

Onde:

R_{it} : a rentabilidade do ativo **i** no período **t**;

I_{t-1} : o nível de informação dos investidores no final do período **t-1**;

γ_{0t-1} : a rentabilidade esperada condicional do ativo com beta igual a zero;

γ_{1t-1} : o prémio de risco de mercado condicional.

Os betas dos ativos irão variar de acordo com a informação disponível em cada momento determinado no tempo. O beta condicional do ativo **i** no período **t-1** é definido por:

$$\beta_{it-1} = \frac{Cov(R_{it}, R_{mt}|I_{t-1})}{Var(R_{mt}|I_{t-1})}$$

Uma maneira mais simples e mais utilizada é a proposta por Lewellen e Negel (2003), que propõem o teste do modelo através de uma *short window regression*. Na proposta de Lewellen & Negel (2003), para testes com dados mensais, utiliza-se a seguinte equação:

$$r_{it} = \alpha_i + \beta_{i0}R_{Mt} + \beta_{i1}R_{Mt-1} + \varepsilon_{it}$$

Onde:

r_{it} : o retorno do ativo **i** no período **t**;

β_{i0} : o beta do ativo **i** no período **t**;

β_{i1} : o beta do ativo **i** no período **t-1**;

R_{Mt} : o prémio do retorno de mercado no período **t**;

R_{Mt-1} : o prémio do retorno de mercado no período **t-1**.

Assim, o retorno do mercado, disponível no período $t-1$ terá influência, assim como aquele no período t , sobre o retorno dos ativos. A informação passada influencia o resultado presente. Porém, caso não seja observada tal influência, β_{i1} tenderá para zero.

Ribenboim (2004) reforça a ideia de que o CAPM condicional permite que o prêmio de risco de um ativo possa mudar a partir da variância condicional entre o retorno do ativo, o retorno da carteira de mercado e o prêmio de risco da carteira de mercado. De acordo com Ribenboim (2002) o CAPM condicional “é uma forma conveniente para incorporar variâncias e covariâncias que se modificam ao longo do tempo”.

O modelo CAPM não considera todos os fatores que afetam a rentabilidade, uma vez que é um modelo de um fator - e esta é a sua principal desvantagem. Além disso, a sua aplicação torna-se algo limitada, dadas todas as condições prévias necessárias (não inclusão de impostos, custos de transação, a opacidade do mercado financeiro)

Apesar de todas as críticas de que tem sido alvo, o Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros (CAPM) ainda é uma das conquistas científicas mais significativas na área de finanças.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

3.1. Formulação do CAPM para a realização de testes empíricos

Como sabemos, dado que existem n ativos com risco no mercado, a versão do CAPM desenvolvida por Sharpe (1964), Litner (1965), e Mossin (1966) apresentada no capítulo 2 pode ser escrita na forma:

$$E[R_i] = R_f + \beta_i[E(R_m) - R_f],$$

onde

$$\beta_i = \frac{\sigma_{i,M}}{\sigma_M^2} = \frac{Cov(R_i, R_M)}{Var(R_M)}$$

corresponde ao beta do ativo, isto é, à medida do seu risco sistemático.

Após a formulação do modelo CAPM de Sharpe-Litner-Mossin, diversos estudos decidiram testar a sua validade usando, normalmente, dados de ativos das bolsas de valores dos EUA. Os primeiros testes empíricos do CAPM são baseados em três implicações da relação entre retorno esperado e beta de mercado implícita no modelo: *i)* os retornos esperados de todos os ativos são linearmente correlacionados com os seus betas, e nenhuma outra variável tem poder explicativo marginal; *ii)* o prémio de risco é positivo, o que significa que o retorno esperado sobre a carteira de mercado excede o retorno esperado sobre os ativos cujos retornos não estão correlacionados com o retorno de mercado; *iii)* na versão “clássica” do modelo CAPM, os ativos não correlacionados com o mercado esperam retornos iguais à taxa de juro sem risco e o prémio de risco é o retorno de mercado esperado menos a taxa livre de risco. A maioria dos testes realizados utilizam uma secção transversal (*cross-section*) ou regressões de séries temporais (*time-series regressions*).

Uma das metodologias de regressão de secção transversal foi desenvolvida por Fama e Macbeth (1973). Basicamente, a ideia era, para cada secção transversal, projetar os retornos nos betas e em seguida, agregar as estimativas na dimensão temporal. Assim, primeiramente é necessário estimar os betas a partir dos próprios dados, por meio de regressões entre a série temporal dos retornos de cada ação e a série temporal dos retornos do índice de mercado. Uma série temporal é uma coleção de observações feitas sequencialmente ao longo do tempo. Assumindo que os betas são conhecidos, o modelo de regressão para a t -ésima secção transversal de n ativos é dada pela equação seguinte:

$$Z_t = g_{0t}I + g_{1t}\beta_m + h_t$$

Onde:

Z_t : o vetor de dimensão $n \times 1$ dos excessos dos retornos dos ativos no tempo t ;

I : o vetor unitário de dimensão $n \times 1$;

β_m : o vetor de dimensão $n \times 1$ dos betas do CAPM.

A implementação desta abordagem consiste em duas etapas. Na primeira etapa são estimados g_{0t} e g_{1t} , usando os mínimos quadrados ordinários (MQO). Na segunda etapa são analisadas as séries temporais de g_{0t} e g_{1t} conforme as implicações do modelo (ordenada na origem igual a zero e prémio de risco de mercado positivo), sob a hipótese de que tanto os retornos como os parâmetros são variáveis aleatórias independentes e normalmente distribuídas. Esta metodologia, porém, não é diretamente aplicável, já que os betas do CAPM não são observáveis.

Jensen (1968) sugere uma alteração para testar o modelo através de uma regressão temporal usando o método de mínimos quadrados ordinários (MQO), conforme a seguinte expressão:

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it}.$$

Onde:

$R_{it} - R_{ft}$: rendibilidade em excesso do ativo i no tempo t ;

$\beta_i(R_{mt} - R_{ft})$: prémio de risco do ativo i .

Nessa equação, o termo ε_{it} , correspondente ao erro (o resíduo), é uma variável aleatória independente com $E(\varepsilon_{it}) = 0$.

O termo α_i chama-se alfa de Jensen, e representa a interceção da reta com o eixo da variável dependente (o prémio do risco da ação). O modelo CAPM afirma que o valor esperado das rendibilidades em excesso de um ativo é inteiramente explicado pelo seu prémio de risco de mercado, desta feita, o coeficiente alfa num modelo de regressão de série temporal deverá ser zero (Fama & French, 1993).

É fácil ver que o beta é o coeficiente de regressão entre a rendibilidade em excesso de cada ação (variável dependente), dada pela diferença entre o retorno da ação e a taxa livre de risco, e o prémio de risco do índice de mercado (variável independente), isto é, a diferença entre o retorno de mercado e a taxa livre de risco.

No processo de estimação do beta temos de lembrar algumas coisas já conhecidas. Por exemplo, o beta não é uma variável observada, portanto não pode ser calculada, mas apenas estimada. Como medida de risco, o beta não deve ser usado como medida de sensibilidade de curto prazo.

Os valores dos betas também dependem do intervalo de tempo usado para os cálculos dos retornos e do número de retornos usados na análise de regressão. Por exemplo, um beta calculado através do uso de retornos semanais será diferente daquele calculado através do uso de retornos mensais, ou diários.

Ações com baixa liquidez têm problemas adicionais na estimação do beta, devido ao número reduzido de transações. Muitos dos retornos podem por isso ser iguais a zero, o que vai artificialmente reduzir o beta destas empresas.

O beta está relacionado com o setor de atuação da empresa. Por exemplo, uma empresa de telecomunicações é mais sensível do que uma empresa do setor de alimentação. Isso

pode ser explicado pelas diferenças das características das empresas como alavancagem, liquidez, taxas de crescimento, tamanho, exposição cambial, etc.

Mas, apesar destes problemas, de acordo com Elton (2004), os valores calculados com base na regressão linear são estimativas fiáveis dos verdadeiros valores do beta e a análise de regressão é a maneira mais direta de prever o beta para um período futuro.

O beta mede assim a relação de risco e rentabilidade entre a ação e o mercado. O CAPM pressupõe que a medida ideal de mercado a ser usada na equação de regressão deve ser aquela que represente toda a economia, ponderada pelo respetivo valor de mercado. Como esta medida ainda é impossível de ser obtida, adota-se um índice que mais se aproxime da carteira de mercado. Então, na prática, usamos como carteira de mercado um índice de mercado, como o S&P500 (para o mercado americano, que inclui as 500 maiores empresas da economia), o Ibovespa (o índice da Bolsa de Valores de São Paulo), o Eurostoxx 50 (um índice de bolsa composto por 50 ações da zona Euro, que reúne as 50 maiores empresas cotadas dos países da Europa Ocidental), o FTSE-100 (índice do *Financial Times* para o mercado britânico), o Dax-30 (índice do mercado alemão), o CAC-40 (índice do mercado francês), o Ibex (índice do mercado espanhol), o Mibtel (índice do mercado italiano), ou o Nikkei (índice do mercado japonês). Para o mercado português (*Euronext* Lisboa), como carteira de mercado podemos usar o índice PSI-20 (integra as 20 empresas mais representativas), o PSI Geral (engloba a totalidade das empresas cotadas na *Euronext* Lisboa), o PSI 20 TR (contempla os vinte títulos mais líquidos e com maior rentabilidade total) ou PSI Setoriais (existem índices sobre os seguintes setores: materiais de base, indústria, bens de consumo, serviços, telecomunicações, utilities, setor financeiro e tecnologia).

Para *proxy* do ativo livre de risco podem ser usadas a taxa Euribor, a taxa de rentabilidade do Bilhetes do Tesouro, a variação diária do CDI (Certificado de Depósito Interbancário) ou pode ser utilizada qualquer outra taxa de referência ou até dos depósitos a prazo (que não implique risco de incumprimento para o investidor).

Vimos que há uma diferença entre o modelo CAPM teórico e o empírico (o modelo de regressão linear simples). Trata-se do coeficiente α , alfa de Jensen, que nos dá uma estimativa do valor da distância vertical entre o ativo e a SML – *Security Market Line*:

- $\alpha < 0$: implica que o rendimento se situa abaixo da linha SML, portanto inferior ao sugerido pelo seu risco de mercado;
- $\alpha > 0$: implica que o rendimento se situa acima da linha SML, sendo, portanto, um rendimento superior ao sugerido pelo seu risco de mercado;

Em ambos os casos ($\alpha < 0$, $\alpha > 0$) é contrariada a condição teórica do equilíbrio de mercado que implica que os valores de mercado do ativo devem estar ao longo da SML (Marcelo, et al., 2010). Então, se $\alpha_i > 0$ o ativo *i* está subavaliado e pode ser uma boa oportunidade de investimento.

Sabemos que de acordo com a teoria do CAPM, o retorno esperado do mercado deve ser superior à taxa de retorno do ativo livre de risco, já que os preços dos ativos devem ser determinados de forma a que os de maior risco tenham maiores taxas de retorno. Por isso, uma diferença relevante entre o modelo empírico e o modelo teórico é que no

modelo empírico podemos obter uma reta de inclinação negativa, enquanto no modelo teórico não (Copeland e Weston, 1992).

3.2. A taxa livre de risco (Euribor)

A taxa Euribor¹ (*Euro Interbank Offered Rate*) é uma das principais taxas de referência do mercado monetário da zona euro. A Euribor foi criada juntamente com o euro, a 1 de janeiro de 1999, sendo que a primeira taxa foi definida a 30 de dezembro de 1998, com validade a partir de 4 de janeiro de 1999. As taxas Euribor baseiam-se na média das taxas de juros praticadas em empréstimos interbancários (taxa interbancária) em euros por cerca de 25 a 40 bancos. São aplicados vários prazos entre uma semana e um ano. As taxas Euribor são calculadas diariamente como uma média das contribuições diárias de um painel de bancos de referência do mercado monetário do euro. A entidade responsável pela gestão destas taxas é a *European Banking Federation* (EBF). Na literatura financeira, a taxa Euribor é frequentemente usada como um ativo livre de risco.

3.3. O índice PSI-20

A *Euronext*² é o maior grupo de mercados bolsistas e o mais líquido a nível mundial (diariamente, mais de €100 mil milhões são transacionados nas bolsas da *Euronext*). Uma maior profundidade em matéria de liquidez conduz a níveis de negociação mais elevados ou a uma maior rapidez na circulação dos títulos, a *spreads* mais estreitos na compra e venda de ações e a uma menor volatilidade do preço das ações. Estes são fatores-chave para atrair investidores globais. Na Europa, a *Euronext* é a operadora líder pan-europeia que reúne as bolsas de Paris, Amesterdão, Bruxelas e Lisboa, todas elas detentoras de um longo passado histórico. A Bolsa de Lisboa nasce em 1769. A 31 de dezembro de 2014 na Bolsa de Lisboa estavam cotadas 61 empresas (entre elas 57 nacionais) e 233 obrigações. O valor total negociado em ações ascendia a 38,3 mil milhões de euros.

A *Euronext* gere, calcula e publica índices de todas as dimensões e todos os perfis – índices globais (entre os quais índices europeus e índices que cobrem os mercados *Euronext*, incluindo os índices Euronext 100, Next 150, FTSEurofirst 80, FTSEurofirst 100, e Alternext All Share), nacionais e transnacionais (entre os quais CAC 40, AEX, BEL 20, PSI-20), índices setoriais (conferem aos investidores a possibilidade de aferirem o desempenho das ações agrupadas por setores de mercado ou indústrias específicos permitindo escolhas mais seletivas, e que as empresas cotadas acompanhem mais facilmente a evolução em relação às suas congéneres), índices de estratégia (refletem o desempenho de uma estratégia de investimento baseada em regras) e índices temáticos

¹ De acordo com site <http://pt.euribor-rates.eu/>.

² Informação obtida no site <https://www.euronext.com/>.

(Enternext PEA-PME 150 index). Estes índices visam representar o desempenho dos mercados acionistas da *Euronext*, e medir o nível de confiança dos investidores nos mercados financeiros e no estado da economia.

O PSI-20³ (*Portuguese Stock Index*) é o principal índice da *Euronext* Lisboa. É composto pelas ações das vinte maiores empresas cotadas na bolsa de valores de Lisboa e reflete a evolução dos preços dessas ações, que são as de maior liquidez entre as negociadas no mercado português. A capitalização bolsista das emissões que compõem o índice PSI-20 é ajustada pelo *free float*⁴, não podendo cada emissão ter uma ponderação superior a 20% nas datas de revisão periódica da carteira.

O PSI-20 foi lançado com uma dupla finalidade: servir de indicador da evolução do mercado acionista português; e servir de suporte à negociação de contratos de futuros e opções. Devido às suas características, o índice PSI-20 tem vindo a ser selecionado pelo mercado para servir de subjacente a produtos estruturados, cuja rentabilidade depende, de uma ou de outra forma, do comportamento do mercado bolsista português.

As regras de seleção dos componentes do índice PSI-20 foram alteradas e tiveram a sua primeira aplicação na revisão anual do PSI-20, em março de 2014. As empresas candidatas a integrarem o índice PSI-20 deverão cumprir duas novas regras de elegibilidade: mínimo de 100 milhões de euros para a capitalização bolsista efetivamente dispersa (*free float market capitalization*), e mínimo de 15% de dispersão do capital (*free float*). O limite mínimo de liquidez também é modificado, do atual mínimo de 10% de *velocity*, para 25% de *free float velocity*⁵. O peso máximo que cada constituinte pode ter na revisão anual do índice é reduzido de 15% para 12%. Estas alterações têm impacto relativamente ao número de empresas constituintes, e pode mesmo acontecer que existam menos do que 20 empresas elegíveis para integrarem o índice. No entanto, o índice PSI-20 terá sempre, pelo menos, 18 constituintes. Se necessário, e para cumprir este mínimo, poderão ser incluídas empresas com uma capitalização bolsista efetivamente dispersa inferior a 100 milhões de euros.

Hoje em dia, tendo em conta as regras da seleção, o PSI-20 foi reduzido⁶ a 18 empresas (o que inclui 2 grupos económicos com 2 empresas cada – EDP/EDPR e Semapa/Portucel). A partir de 11 de Agosto de 2014, o Banco Espírito Santo (BES)

³ De acordo com site [https:// www.euronext.com/](https://www.euronext.com/).

⁴ O *free float* é definido considerando as ações que compõem o capital social, subtraindo as participações sociais que excedam 5% (a exceção é organismos de investimento coletivo / fundos de investimento, ou fundos de pensões). Em acréscimo, determinadas participações (ações detidas por administradores, colaboradores, fundadores e familiares), participações do Estado e participações da própria empresa (incluindo subsidiárias) não são consideradas *free float*, independentemente da dimensão. As percentagens de *free float* são arredondadas para o inteiro superior múltiplo de 5%.

⁵ O *free float velocity* consiste no quociente do número de ações negociado pelo número de ações efetivamente dispersas (*free float shares*).

⁶ De acordo com site: <http://economico.sapo.pt/noticias>.

deixou de fazer parte do índice PSI-20. O Banco Espírito Santo (BES) segue assim os passos do Espírito Santo Financial Group (ESFG), que também foi suspenso de negociação em bolsa e acabou depois por sair do PSI-20. Com a exclusão destas duas empresas cotadas do PSI-20, o índice passou a partir de agosto de 2014 a integrar apenas 18 cotações.

O índice é calculado com base na variação dos preços das ações. O cálculo é baseado na capitalização bolsista efetivamente dispersa, a qual é dividida pelo divisor. O divisor é determinado em função da base de capitalização inicial do índice e do nível de base (o respetivo valor do índice), conforme se ilustra seguidamente:

$$d_t = \frac{\text{capitalização bolsista}_{t_0}}{\text{índice}_{t_0}}$$

sendo t_0 a data em que se verificou o último ajustamento à base de cálculo do índice. O divisor é ajustado em resultado de eventos corporativos e das alterações de composição. O valor da base de referência do índice PSI - 20 foi fixado em três mil pontos que correspondiam à capitalização bolsista das empresas escolhidas para constituir o índice, em 31 de dezembro de 1992. A moeda-base do índice é o Euro.

Apresentamos a fórmula matemática (fórmula geral) de cálculo do índice PSI-20:

$$I_t = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{i,t} \times F_{i,t} \times f_{i,t} \times C_{i,t} \times X_{i,t}}{d_t}$$

Onde:

I_t : o valor do índice PSI-20 no momento t ;

t : momento de cálculo;

n : número de empresas constituintes do índice;

$Q_{i,t}$: o número de ações da constituinte i utilizadas no cálculo do índice no dia t ;

$F_{i,t}$: o fator de *free float* da constituinte i ⁷;

$f_{i,t}$: o fator de limite de peso da constituinte i ⁸;

$C_{i,t}$: o preço da constituinte i no momento t ;

$X_{i,t}$: a taxa de câmbio atual no momento t ⁹;

⁷ O fator é igual a um, se não se aplicar ao índice.

⁸ O fator é igual a um, se não se aplicar ao índice.

⁹ O fator é igual a um, se não se aplicar ao índice.

d_t : o divisor do índice no dia t .

De facto, nem todas as empresas têm o mesmo peso no cálculo do Índice PSI-20. O peso de cada uma reflete o valor do seu *free float*, isto é, o valor total de ações emitidas que compõem o capital social da empresa, corrigido das ações que estão colocadas em investidores considerados “estáveis” (que detêm mais de 5% do capital e que não são fundos de investimentos ou outros profissionais de investimentos financeiros).

A NYSE *Euronext* é a empresa responsável pelo cálculo do índice e gestão do mesmo. O valor do índice é, em princípio, calculado e divulgado em tempo real, sendo divulgado de 15 em 15 segundos. O índice é calculado desde as 9 horas da manhã até ao momento em que os mercados da *Euronext* fecham a negociação diurna normal, nos dias em que os mercados da *Euronext* estiverem abertos para negociação. O valor do índice PSI-20 é divulgado diariamente no boletim de cotações da *Euronext* Lisboa. É possível consultar o valor do PSI-20, em tempo real, em sistemas de informação de preços tais como a *Reuters* ou a *Bloomberg*. Um grande número de jornais financeiros, como por exemplo o Diário Económico, publicam os valores do PSI-20 relativos ao dia anterior. Pode ainda ser consultado na página da internet da *Euronext* Lisboa: www.euronext.pt.

3.4. O Processo Metodológico

Na presente tese temos como objetivo principal verificar a validade e a eficiência do modelo CAPM no mercado português (*Euronext* Lisboa). Partindo dos objetivos de investigação, propõe-se considerar duas etapas para o processo metodológico.

A primeira etapa consiste em selecionar ativos do índice PSI-20 e usando uma regressão linear simples estimar o beta (medida do risco sistemático) dos ativos selecionados. O beta foi assim estimado usando os retornos semanais a 5 anos e foram retiradas conclusões sobre a adequação dos modelos de regressão (com base na avaliação dos coeficientes alfa e beta, coeficientes de determinação, entre outros parâmetros). Foram também avaliados os pesos do risco sistemático e não sistemático no risco total de cada ativo.

Nesta fase, foi também efetuada uma comparação dos betas estimados usando diferentes intervalos de tempo (cinco anos, três anos e um ano), diferentes intervalos de cálculo dos retornos (retornos mensais, retornos semanais e retornos diários) e, naturalmente, diferente número de retornos na análise de regressão (260, 156, 59 e 254 observações). Os betas foram calculados usando retornos semanais a 5 anos (desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014 - 260 observações), retornos semanais a 3 anos (desde janeiro de 2012 a dezembro de 2014 com 156 observações), retornos diários durante 1 ano (de janeiro a dezembro de 2014 com 254 observações), retornos diários também durante 1 ano (de janeiro a dezembro de 2013 - 254 observações), e finalmente retornos mensais a 5 anos (desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014 com 59 observações). Seguidamente, com base no beta estimado, foram estimados os retornos futuros dos ativos e comparados com os que efetivamente se verificaram.

Na segunda etapa do processo metodológico, foram selecionados ativos do índice PSI-20 para a formação de carteiras que servirão também de base para testar o modelo CAPM.

3.4.1 Estimação e comparação dos betas dos ativos

Os ativos escolhidos para observação são o conjunto de ativos pertencentes ao índice de mercado PSI-20 (índice de mercado da bolsa de valores *Euronext* Lisboa). O estudo considerou 18 ações de diferentes setores de atividade (finanças, telecomunicações, distribuição, energia e construção, etc.), para o período janeiro de 2010 – dezembro de 2014 e para o período janeiro de 2012 – dezembro de 2014 numa base semanal, para o período janeiro de 2014 – dezembro de 2014 e para o período janeiro de 2013 – dezembro de 2013 numa base diária, para o período janeiro de 2010 – dezembro de 2014 numa base mensal (estimação do beta). O período de *backtesting* utilizado foi de janeiro de 2015 – agosto de 2015 numa base semanal. As cotações estão corrigidas de dividendos e *stock-splits*, e são expressas em euros.

Apresenta-se de seguida uma breve descrição das empresas constituintes do PSI-20 selecionadas:

- A **Altri (ALTR)** é uma empresa portuguesa de referência mundial na produção de pasta de eucalipto e na gestão florestal. A Altri foi constituída em março de 2005, como resultado do processo de cisão da Cofina. A empresa está cotada na NYSE *Euronext* Lisboa, integrando o seu índice de referência, o PSI-20 (peso no índice de 0,94%). Para além da produção de pasta de papel, a Altri está também presente no sector de energias renováveis de base florestal, nomeadamente a cogeração industrial através de licor negro e a biomassa.
- O **Banco Português de Investimento (BPI)** é um banco privado de Portugal, fundado em 1972. Deu a sua entrada em bolsa em 1986, e apresenta um peso de 2,61% no universo do PSI-20.
- O **Banco Comercial Português (BCP)** ou simplesmente Millenium BCP, fundado em 1985, é o maior grupo bancário privado português. Apresenta um peso de 12,05% no universo do PSI-20.
- O **Banco Internacional do Funchal (BANIF)** é um banco privado português, com presença nos cinco continentes. Foi fundado em 1988 e apresenta um peso de 1,06% no universo do PSI-20.
- Os **Correios de Portugal** são um grupo empresarial português focado essencialmente no negócio dos correios. Conhecidos normalmente simplesmente pela sigla CTT (Correios, Telégrafos e Telefones), a empresa foi fundada em 1520 com o nome “Correio público”. A empresa foi admitida à negociação na Bolsa portuguesa a 5 de dezembro de 2013, e estreou-se no índice PSI-20, em 24 de março de 2014. Apresenta um peso de 3,34% no universo do PSI-20.
- **Energias de Portugal (EDP)**, fundada em 1976, é um dos principais produtores e distribuidores portugueses de energia elétrica, venda e distribuição de gás. O

grupo EDP tem hoje uma presença forte no panorama energético mundial, estando presente em países como Portugal, Espanha, França, Estados Unidos, Reino Unido, Itália, Bélgica, Polónia, Roménia e Brasil. A data de entrada na bolsa corresponde a junho de 1997. Apresenta um peso de 11,97% no universo do PSI-20.

- A **EDP Renováveis (EDPR)** é uma empresa subsidiária do Grupo Energias de Portugal (EDP), que opera no domínio das energias renováveis. A EDP Renováveis é líder mundial no sector das energias renováveis, sendo a terceira empresa mundial em energias renováveis e o segundo maior operador em energia eólica no mundo. A EDPR foi criada em 2007 para manter e operar os ativos crescentes em energia renovável da empresa matriz Energias de Portugal (EDP). Atualmente, as atividades da EDPR incluem parques eólicos e, em menor extensão, atividades de energia mini-hídrica. A empresa também explora oportunidades em outras tecnologias de energia renovável. Apresenta um peso de 4,20% no universo do PSI-20.
- A **Galp Energia (GALP)** é um grupo de empresas portuguesas no setor de energia. Foi fundada em 1999. É detentora da Petrolgal e da Gás de Portugal, sendo hoje um grupo integrado de produtos petrolíferos e gás natural, com atividades que se estendem desde a exploração e produção de petróleo e gás natural, à refinação e distribuição de produtos petrolíferos, à distribuição e venda de gás natural e à geração de energia elétrica. Atualmente está entre as maiores empresas de Portugal, controlando cerca de 50% do comércio de combustíveis neste país e a totalidade da capacidade refinadora de Portugal. Apresenta um peso de 12,23% no universo do PSI-20.
- A **Impresa (IPR)** é o principal grupo de comunicação social português que detém participações nos meios de comunicação mais relevantes: televisão, jornais, revistas, e online. Foi fundada em 1991, e em junho de 2000, a Impresa é admitida à cotação na Bolsa de Valores de Lisboa. Apresenta um peso de 0,59% no universo do PSI-20.
- A **Jerónimo Martins (JMT)** é um grupo empresarial português de distribuição alimentar e indústria, presente em Portugal, Polónia e Colômbia. A empresa foi fundada em 1792. A ação Jerónimo Martins está cotada na *Euronext* Lisboa desde 1989, e apresenta um peso de 12,04% no universo do PSI-20.
- A **Mota-Engil (EGL)**, fundada em 1946, é um grupo português, líder nos setores da construção civil, obras públicas, operações portuárias, resíduos, águas e logística. Em 2005, a Mota-Engil passou a ser cotada no PSI-20, o principal índice da *Euronext* Lisboa. Apresenta um peso de 2,02% no universo do PSI-20.
- A **NOS** (anteriormente ZON Optimus) é um grupo de comunicações e entretenimento português, resultante da fusão, em 2013, de duas das maiores empresas de comunicações do país: a ZON Multimédia e a Optimus Comunicações. Oferece soluções fixas e móveis de última geração, televisão, internet, voz e dados para todos os segmentos de mercado (pessoal, residencial e empresarial). Apresenta um peso de 5,58% no universo do PSI-20.

- A **PHarol** (nova denominação da Portugal Telecom SGPS) é uma empresa de comunicação social, telecomunicações, internet e informática. A alteração do nome surge na sequência da venda da PT Portugal ao grupo Altice.
- O **Grupo Portucel Soporcel (PTI)** dedica-se ao fabrico e comercialização de papel em Portugal. A Portucel Soporcel (PTI) foi fundada em 2001, e está entre os maiores produtores europeus de papel para impressão. Apresenta um peso de 2,00% no universo do PSI-20.
- A **REN (Redes Energéticas Nacionais)** é uma empresa portuguesa de eletricidade. Foi criada em agosto de 1994. Apresenta um peso de 1,16% no universo do PSI-20.
- A **Semapa (SEM)** fundada em 1991 é um grupo diversificado organizado em torno de três pólos de atividade como a produção de papel e polpa, a produção de cimento e de materiais de construção. A data de entrada em bolsa é de julho de 1995, apresentando um peso no universo PSI-20 de 1,95%.
- A **Sonae (SON)**, fundada em 1959, é uma empresa de retalho portuguesa (Sonae MC e Sonae SR), com parcerias nas áreas de Centros Comerciais (Sonae Sierra) e de Software e Sistemas de Informação, Media e Telecomunicações (Sonaecom). A data da sua entrada em bolsa foi no ano 2000, e apresenta um peso de 4,37% no universo do PSI-20.
- A **Teixeira Duarte (TDSA)** é uma das maiores empresas de construção em Portugal. A Teixeira Duarte foi fundada em 1921 pelo Engenheiro Ricardo Esquível Teixeira Duarte. Entrou para o PSI-20 a 4 de março de 2008 e deixou o PSI-20 em 1 de março de 2010, retornando em 2014. Apresenta um peso de 0,45%.

Os dados históricos para os 18 ativos negociados na bolsa de Lisboa foram reunidos através do site <http://finance.yahoo.com/>.

Como *proxy* de mercado foi utilizado o índice da bolsa de valores de Lisboa, o PSI-20. O PSI-20 é o principal índice do mercado português de ações. Relativamente aos seus dados históricos, estes foram obtidos a partir dos sites <http://finance.yahoo.com/> e <https://www.google.com/finance/>.

Para a taxa livre de risco recorreu-se à taxa Euribor, dado esta ser considerada como a taxa de base para todo o tipo de produtos de taxas de juros da zona euro. Os dados necessários para os cálculos foram obtidos a partir do site <http://sdw.ecb.europa.eu/>.

O primeiro passo para efetivação do estudo consistiu em calcular os retornos semanais, os retornos mensais e os retornos diários do PSI-20, os retornos respetivos das ações, e também em calcular a taxa efetiva equivalente relativa à taxa de juro sem risco no período de janeiro de 2010 – dezembro de 2014 e no período janeiro de 2012 – dezembro de 2014 numa base semanal; no de janeiro de 2014 – dezembro de 2014 e no de janeiro de 2013 – dezembro de 2013 numa base diária; e no período de janeiro de 2010 – dezembro de 2014 numa base mensal. Foram usadas as seguintes expressões analíticas:

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

Onde

r_t : retorno da ação no período t ;

P_t : preço da ação no período t ;

P_{t-1} : preço da ação no período $t-1$.

Para calcular a taxa efetiva equivalente foi usada a seguinte fórmula:

$$(1 + i_1)^{n/m_1} = (1 + i_2)^{n/m_2} \leftrightarrow i_1 = [(1 + i_2)^{\frac{n}{m_2}}]^{\frac{1}{n/m_1}} - 1$$

Onde

i_1, i_2 : taxas de juro;

m_1, m_2 : períodos de capitalização de cada uma das taxas de juro respetivas;

n : representa a quantidade de períodos compostos por ano.

O segundo passo foi calcular os prémios de risco do índice de mercado, isto é, a diferença entre o retorno da carteira de mercado e a taxa livre de risco ($R_{mt} - R_{ft}$), e calcular os prémios de risco de cada ação, dados pela diferença entre o retorno da ação e a taxa livre de risco ($R_{it} - R_{ft}$).

Esta primeira etapa tem como objetivo estimar os betas de cada ação. A estimação do coeficiente beta é realizado através de uma regressão linear simples. É produzido um diagrama de dispersão nos quais as coordenadas são os prémios de risco históricos para a ação e para o mercado (índice de mercado) durante um determinado período de tempo. Conforme a distribuição dos pontos é traçada uma linha de regressão, na qual o coeficiente de inclinação dessa reta é exatamente o beta da ação.

Após se reunir toda a informação necessária, são realizadas 90 regressões por meio do método dos mínimos quadrados, utilizando-se como variável dependente o excesso de retorno da ação face à taxa de juro sem risco, e como variável independente o prémio do risco.

$$R_{it} - R_{ft} = \alpha_i + \beta_i(R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{it}$$

Adicionalmente, foram calculadas estatísticas relativamente à média e desvio padrão dos retornos do índice e da ação, para calcular o beta pela razão entre a covariância entre o título e o mercado e a variância do mercado:

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_M)}{Var(R_M)}$$

Esta é uma forma alternativa de estimarmos os betas e conseguirmos assim verificar se estes valores são ou não semelhantes aos encontrados através da regressão.

Com base nos valores dos betas obtidos através da regressão linear simples usando informações semanais, classificamos as empresas de acordo com o seu nível de risco sistemático, formando três categorias (Brigham, 2006).

Coeficiente beta	Perfil do ativo ou portfólio
$\beta > 1$	Ativo agressivo
$\beta \cong 1$	Ativo moderado
$\beta < 1$	Ativo conservador

Tabela 3.1. Interpretação do coeficiente beta.

Foram seguidamente retiradas algumas conclusões sobre a adequação do modelo. Como sabemos o modelo CAPM afirma que o valor esperado das rendibilidades em excesso de um ativo é inteiramente explicado pelo seu prémio de risco de mercado. Por isso o coeficiente alfa num modelo de regressão de série temporal é zero.

A avaliação da significância estatística para o parâmetro alfa (ordenada na origem, isto é, interceção da reta da regressão linear com o eixo das ordenadas) e beta (fator de risco) a ser considerado no modelo de regressão será dada pela estatística t, cuja hipótese nula e alternativa são:

$$H_0: \alpha=0 \ (\beta=0)$$

$$H_1: \alpha \neq 0 \ (\beta \neq 0)$$

A estatística t é dada pela seguinte expressão:

$$t^* = \frac{\hat{\alpha}}{\sigma(\hat{\alpha})} \quad t^* = \frac{\hat{\beta}}{\sigma(\hat{\beta})}$$

onde:

t^* : valor de estatística t;

$\hat{\alpha}$: valor de coeficiente alfa estimado;

$\hat{\beta}$: valor de coeficiente beta estimado;

$\sigma(\hat{\alpha})$: erro padrão do parâmetro alfa;

$\sigma(\hat{\beta})$: erro padrão do parâmetro beta.

Critério do teste:

Se $|t^*| \leq t(1- \alpha/2; n-2)$ não se rejeita H_0

Se $|t^*| > t(1- \alpha/2; n-2)$ rejeita-se H_0

Então, para o valor do coeficiente alfa ser considerado igual a zero, o valor absoluto do teste t deverá ser menor do que $t(1- \alpha/2; n-2)$, para que o CAPM seja consistente. Por outras palavras, se o valor do alfa for diferente de zero e estatisticamente significativo (5%), o CAPM falha na sua previsão do prémio de risco. Se os betas forem estatisticamente iguais a zero (não rejeitamos a hipótese H_0), espera-se que o comportamento (alterações) de cada uma das variáveis explicativas não influencie o

comportamento da variável dependente. Então, se os modelos são adequados, os betas têm de ser diferentes de zero.

O poder explicativo dos fatores de risco sobre a rentabilidade esperada para cada modelo será definido pelo coeficiente de determinação (R^2). Este coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar relativamente aos dados. O coeficiente de determinação é dado pela expressão

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = 1 - \frac{SQE}{SQT} = \frac{\hat{\beta} \sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m) R_i}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2},$$

ou seja, é a razão entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados total.

O coeficiente de determinação pode ser interpretado como a proporção de variação total da variável dependente que é explicada pela variação da variável independente.

$$R^2 = \frac{\text{variação explicada}}{\text{variação total}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{R}_i - \bar{R})^2}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

Os valores de R^2 variam entre zero e um, e, portanto, um bom ajuste do modelo deve refletir-se num valor de R^2 próximo de 1.

Uma outra medida que apresentamos é o peso do risco sistemático e do risco específico no total de risco do ativo. Como sabemos, o risco total do investimento do título é a soma do seu risco sistemático e do seu risco não sistemático. O risco total é dado pela variância da rentabilidade de cada um dos títulos ($Var(R_i)$). O risco de mercado de cada título é dado pelo produto da variância de rentabilidade do mercado pelo quadrado do beta de cada título ($\beta^2 Var(R_M)$). O risco não sistemático ou o risco específico corresponde a ($Var(\varepsilon)$), em que épsilon determina a aleatoriedade do título decorrente da sua própria volatilidade. Por isso temos:

$$Var(R_i) = \beta^2 Var(R_M) + Var(\varepsilon)$$

De acordo com a última equação, o risco não sistemático pode ser obtido pela diferença entre o risco total e o risco sistemático. Isto é:

$$Var(\varepsilon) = Var(R_i) - \beta^2 Var(R_M)$$

É importante também avaliar o peso do risco sistemático e do risco específico no total de risco do ativo, e tais medidas podem ser obtidas através das seguintes expressões:

$$\text{Peso do Risco Sistemático no Risco Total} = \text{Risco Sistemático} / \text{Risco Total}$$

Ou

$$\text{Peso do Risco Sistemático no Risco Total} = \beta^2 Var(R_M) / Var(R_i)$$

$$\text{Peso do Risco não Sistemático no Risco Total} = \text{Risco não Sistemático} / \text{Risco Total}$$

Ou

$$\text{Peso do Risco não Sistemático no Risco Total} = Var(\varepsilon) / Var(R_i)$$

Em termos estatísticos, a diferença entre os valores observados (no nosso caso retornos reais, R_i) e os valores ajustados (os retornos estimados usando CAPM, \widehat{R}_i) é definida como o resíduo:

$$e_i = R_i - \widehat{R}_i$$

De facto, a partir da análise dos resíduos é possível retirar muita informação sobre a adequação do modelo de regressão linear. Na análise que iremos efetuar dos resíduos utilizamos os procedimentos mais comuns, nomeadamente:

- Representação dos resíduos contra a variável independente (linearidade). Para que o modelo seja validado, a representação gráfica dos resíduos não deve mostrar nenhum padrão ou estrutura.
- Confirmação da sua normalidade através do histograma (deve ser simétrico em torno de zero).

Por fim, analisou-se a estabilidade do beta ao longo do tempo, através da sua estimação e comparação usando diferentes intervalos de tempo (cinco anos, três anos e um ano), diferentes intervalos de cálculo dos retornos (retornos mensais, retornos semanais e retornos diários) e, naturalmente, diferente número de retornos na análise de regressão (259, 156, 59 e 254 observações).

3.4.2. Avaliação da adequação do modelo estimado

Para validar o modelo CAPM foram estimados os retornos semanais das ações para o período janeiro de 2015 – agosto de 2015 usando os betas estimados anteriormente com base nos retornos semanais. Estes cálculos foram realizados tendo por base a equação “clássica” do CAPM:

$$E[R_i] = R_f + \beta_i[E(R_m) - R_f]$$

Todas as conclusões retiradas sobre a igualdade entre retornos reais e retornos estimados no período definido foram efetuadas com base na avaliação das somas dos quadrados da diferença entre retornos reais e retornos estimados.

$$\sum (R_i - \widehat{R}_i)^2$$

A comparação e seleção de fundos de investimento é um exercício complexo e importante, dada a enorme oferta de produtos existente no mercado. Isso levou à busca de métodos que pudessem proporcionar aos investidores informações que correspondam às suas expectativas. A avaliação de desempenho é assim constituída por um conjunto de técnicas, entre as quais destacamos o índice de Sharpe e o alfa de Jensen.

O alfa de Jensen é definido como o diferencial entre o retorno do ativo em excesso ao ativo livre de risco e o retorno explicado pelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*). No contexto do CAPM, o alfa de Jensen é função do retorno da ação, da taxa livre de risco, do beta da ação e do retorno de mercado:

$$\alpha_i = R_{it} - R_{ft} - \beta_i(R_{mt} - R_{ft})$$

O α_i mede o retorno, ajustado pelo risco, de uma determinada avaliação, sendo normalmente usado para avaliar a performance de um fundo. Em geral, se o alfa para uma ação (portfólio) é positivo, diz-se que é um investimento ideal ou de qualidade, que irá gerar retorno positivo ao longo do tempo. Um gestor ativo bem-sucedido deve mostrar um alfa positivo, já que isso significa que foi gerado um retorno acima do esperado pelo nível de risco da carteira. Um alfa negativo aponta para uma baixa performance, em que o retorno não justifica o risco. Conhecer o alfa de um ativo (portfólio de ações) é uma boa maneira de refinar a procura de investimentos. Então, quanto maior o alfa, maior a capacidade da gestão do fundo em adicionar rendibilidade não correlacionada com o mercado subjacente.

O Rácio de Sharpe (Índice de Sharpe) é uma medida de rendibilidade-risco desenvolvida por William Sharpe (1966). Quanto maior o rácio de Sharpe, melhor o comportamento do fundo no período analisado. O Rácio de Sharpe (IS) mede, consequentemente, o excesso de rendibilidade por unidade de risco.

$$IS = \frac{\bar{R}_i - \bar{R}_f}{\sigma_i}$$

Onde:

\bar{R}_i : o retorno médio de ativo i;

\bar{R}_f : a taxa de juro sem risco média;

σ_i : o desvio-padrão (o risco) do ativo i.

Em termos matemáticos, este parâmetro é calculado dividindo o excesso de rendibilidade obtida pelo fundo (face à de um ativo sem risco) pelo desvio padrão desse mesmo excesso de rendibilidade. Assim, se o IS for igual a 1, por cada 1% de risco acrescido do fundo, este apresenta um acréscimo de igualmente 1% de retorno. Fundos cujo rácio de Sharpe seja inferior a 1 não são considerados um bom investimento.

Normalmente o Rácio de Sharpe é calculado com os dados dos últimos 36 meses, sendo um dos rácios mais observado pelos gestores, já que avalia, além da rentabilidade, o risco de um investimento.

3.4.3 Construção das carteiras

Para completar a análise foi testada a validade do CAPM não só para ativos individuais, mas também para carteiras de ativos.

Inicialmente, são formados os portfólios que servirão para o cálculo dos betas estimados. Os portfólios são constituídos tendo em conta os betas individuais das empresas. Nos passos anteriores foi calculado o beta individual de cada empresa (18 empresas) do índice PSI-20 para vários períodos de tempo e diversos retornos. Os

valores dos betas foram obtidos através da estimação da regressão linear simples da série temporal usando retornos semanais para um período global de cinco anos.

Todas as empresas foram ordenadas pelo seu valor do beta. Foram definidos três níveis de beta: beta menor do que um ($\beta < 1$), ativos com nível de risco baixo (ativos conservadores); beta próximo de um (ativos moderados); e beta superior a um ($\beta > 1$), ativos com nível de risco alto (ativos agressivos). Desta forma, foram constituídas três carteiras de ativos de igual peso:

- Carteira 1 ($\beta < 1$).
- Carteira 2 ($\beta \cong 1$).
- Carteira 3 ($\beta > 1$).

O processo de estimação do beta da carteira é muito semelhante ao processo de estimação do beta da ação.

O primeiro passo consistiu em calcular os retornos semanais do PSI-20 e os retornos semanais respetivos das ações (pag. 39), e também em calcular a taxa efetiva equivalente relativa à taxa de juro sem risco no período de janeiro de 2010– dezembro de 2014 numa base semanal (pag. 39).

Seguidamente calculamos os retornos semanais do portfólio:

$$R_{pt} = \sum_{i=1}^n w_i r_{it}$$

Onde:

w_i : o peso do ativo i na carteira p ;

r_{it} : o retorno do ativo i no dia t ;

R_{pt} : o retorno da carteira p no dia t .

Finalmente, foi também necessário calcular os prémios de risco do índice de mercado (semanalmente), isto é, a diferença entre o retorno da carteira de mercado e a taxa livre de risco ($R_{mt} - R_{ft}$), e os prémios de risco de cada uma das carteiras descritas acima (semanalmente), dados pela diferença entre o retorno da carteira e a taxa livre de risco ($R_{pt} - R_{ft}$).

A estimação do coeficiente beta é realizada através de uma regressão linear simples de acordo com expressão seguinte:

$$R_{pt} - R_{ft} = \alpha_p + \beta_p (R_{mt} - R_{ft}) + \varepsilon_{pt}$$

Onde:

$R_{pt} - R_{ft}$: o excesso de rentabilidade de uma carteira p face ao ativo sem risco;

$R_{mt} - R_{ft}$: o excesso de rentabilidade do mercado face à rentabilidade do ativo sem risco;

β_p : o risco sistemático da carteira **p**;

α_p : a rentabilidade autónoma (independente da evolução do mercado);

ε_{it} : o resíduo (uma variável aleatória independente com $E(\varepsilon_{pt}) = 0$).

Foram seguidamente retiradas algumas conclusões sobre a adequação dos modelos de regressão: a avaliação da significância estatística dos parâmetros alfa (α) e beta (β), a avaliação de coeficiente de determinação e a análise dos resíduos. Todos estes processos foram já descritos anteriormente.

4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Caracterização do índice PSI-20

Antes de estudar a aplicação do modelo CAPM, caracterizamos o comportamento do retorno do índice PSI-20 desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014. Como sabemos o retorno de mercado, no nosso caso aproximado pelo PSI-20, é uma componente importante do modelo CAPM.

Na figura 4.1 podemos observar a evolução dos retornos semanais durante cinco anos (2010-2014) do índice PSI-20.



Figura 4.1. Evolução histórica dos retornos semanais durante cinco anos (2010-2014) do índice PSI-20.

Analisando o gráfico (figura 4.1.) é importante sublinhar que a maior parte dos retornos esperados do mercado usados para a estimação do beta são negativos. Consequentemente, os prémios de risco de mercado, isto é, a diferença entre os retornos esperados do mercado e a taxa de juro sem risco, são negativos. De facto, se a taxa de retorno de mercado é inferior à taxa de juro sem risco, então o prémio de risco de mercado é negativo. Este resultado contradiz o modelo teórico do CAPM. O prémio de risco de mercado deve ser positivo em qualquer momento do tempo, já que um prémio de risco de mercado negativo de longo prazo indica uma falha na economia e nos mercados financeiros. Mas na situação de crise que vivemos é natural que esporadicamente este prémio seja negativo. Como fazer com que o prémio de risco de mercado volte a valores positivos?

Já sabemos que para determinar o prémio de risco de mercado ao retorno médio do mercado subtraímos o retorno médio dos ativos sem risco para o mesmo período. Efetuamos estes cálculos com dados históricos. Vamos considerar um investimento com um beta positivo. Neste caso, a taxa de retorno esperado do ativo tornar-se-ia menor do que a taxa livre de risco. Será de esperar que os investidores financeiros retirem os seus fundos do mercado de ações para investir em obrigações ou outros instrumentos financeiros considerados sem risco. Dado o influxo de capital, os bancos vão reduzir a taxa livre de risco para tentar diminuir a procura. Este ajustamento continua até o

prémio de risco de mercado se tornar positivo. Assim, embora durante um curto espaço de tempo o prémio de risco de mercado possa ser negativo, no longo prazo irá sempre permanecer positivo.

O gráfico seguinte representa o valor acumulado por um investimento inicial de um euro no índice PSI-20. Vemos que se trata da riqueza acumulada resultante de um euro investido no índice e que fruto dos retornos negativos evidenciados no gráfico 4.1, o valor da carteira na maturidade (na última data) fixou-se num valor abaixo de 1. Durante o período considerado, apenas em raras ocasiões, o investidor teria conseguido aumentar o seu rendimento.



Figura 4.2. Valor acumulado por um investimento inicial de 1 euro no índice PSI-20 durante cinco anos (2010-2014).

4.2. Avaliação dos ativos individuais

4.2.1. Avaliação da adequação dos modelos de regressão linear simples

Esta investigação procura, através de um estudo empírico, estimar e analisar o comportamento do risco sistemático das ações das empresas cotadas no mercado português (*Euronext* Lisboa). Numa primeira fase de estudo foram calculados os betas individuais de cada empresa (18 empresas), através da estimação da regressão linear simples, e foram também realizados estudos sobre a adequação dos modelos de regressão linear simples (a avaliação da significância estatística para o parâmetro alfa (α) e para o parâmetro beta (β), a avaliação de coeficiente de determinação, a análise dos resíduos, entre outros).

No processo de estimação dos betas foram usados retornos semanais. Como alternativa, o beta foi calculado também pela razão entre a covariância entre o título e o mercado e pela variância do mercado.

Assim, os betas foram estimados com base em 260 observações das rentabilidades semanais desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014 (5 anos). A tabela a seguir mostra os valores estimados para α e β , os valores da estatística t, bem como o R^2 (coeficiente de determinação), pelo método de regressão linear simples e o valor do β calculado pela razão entre a covariância entre o título e o mercado e pela variância do mercado:

Empr. (código)	Coef. alfa (α)	Estatística t	Coeficiente beta estimado (β)		Estatística t	Coef. de determ. (R^2)
			através de regressão	através de razão		
ALTR	0,0028	1,361829	0,9168	0,9162	13,33271	0,4079
BPI	0,001	0,346941	1,4996	1,4988	15,18202	0,4718
BCP	-0,0018	-0,53724	1,4653	1,4645	13,12814	0,4005
BANIF	-0,0216	-2,20927	0,9911	0,9906	3,128589	0,086
CTT	0,0097	2,030721	0,4692	0,4695	3,500429	0,1878
EDP	0,0029	1,881164	0,8709	0,8705	17,12435	0,532
EDPR	0,0007	0,391008	0,8483	0,8478	14,23829	0,44
GALP	0,0004	0,226999	0,825	0,8253	14,26098	0,4408
IPR	-0,0004	-0,10202	0,5997	0,5986	4,439715	0,071
JMT	0,0024	1,102622	0,6991	0,6998	9,853561	0,2734
EGL	0,0024	0,943013	1,2017	1,2009	14,07136	0,4342
NOS	0,0031	1,607015	0,8694	0,8687	13,44066	0,4118
PHR	-0,0042	-1,64647	1,2197	1,2204	14,38404	0,445
PTI	0,004	2,498251	0,6029	0,6026	11,42124	0,3358
RENE	0,001	0,846203	0,4611	0,4608	11,34172	0,3327
SEN	0,0029	1,522169	0,6768	0,6762	10,71822	0,3081
SON	0,0032	1,93603	1,0216	1,0210	18,51397	0,5705
TDSA	0,2063	0,633572	1,1501	1,1483	7,665136	0,2063

Tabela 4.1. Coeficientes beta, alfa, coeficiente de determinação, e valores da estatística t dos ativos individuais (os cálculos foram realizados usando retornos semanais).

O primeiro resultado a verificar é em relação ao parâmetro α . Se analisarmos a primeira coluna da tabela 4.1 vemos que todos os coeficientes alfa estão muito próximos de zero. As empresas que têm o maior coeficiente alfa (em valor absoluto) são: Teixeira Duarte (TDSA) ($\alpha=0,2063$) e Banco Internacional do Funchal (BANIF) ($\alpha=-0,0216$). Podemos confirmar este resultado empírico usando um teste estatístico? Como já mencionado (no ponto 3.2.1) a avaliação da significância estatística do parâmetro alfa (ordenada na origem) para o modelo de regressão simples, será dada pela estatística t. Através da tabela 4.1, é possível constatar que nem todos os valores absolutos do teste t são menores do que 1,969201¹⁰ ($t(0,975;258) = 1,969201$). Isto significa que para algumas empresas rejeitamos a hipótese H_0 ($H_0: \alpha=0$). Estas são: PTI, CTT e BANIF. Assim, a maior parte dos coeficientes alfa no modelo de regressão da série temporal são iguais a zero, o que sugere uma adequação do modelo na explicação da rentabilidade esperada. No

¹⁰ Para as empresas BANIF, CTT, e TDSA temos 105, 54, e 227 observações respetivamente, pois existiam dados em falta no site. Por esta razão, o valor da estatística t é comparado com os valores 1,983038, 2,005746, e 1,970516 respetivamente.

entanto, relativamente à adequação do modelo de regressão linear das empresas PTI, CTT, BANIF temos algumas dúvidas.

É fácil verificar que os valores dos betas obtidos através da regressão linear simples e pela razão entre a covariância entre o título e o mercado e a variância do mercado são muito semelhantes. Na realidade, até à segunda casa decimal os valores dos betas são idênticos. A exceção é apenas para duas empresas: Teixeira Duarte (TDSA) e Pharol (PHR). Isso é natural pois sabemos que na equação CAPM (correspondente à reta SML), o coeficiente de inclinação β_i é definido pela razão entre a covariância entre o título e o mercado e a variância do mercado.

Com base nos valores dos betas obtidos através da regressão linear simples usando informações semanais, classificamos as empresas de acordo com o seu nível de risco sistemático (tabela 3.1). Os dados agrupados são apresentados na tabela seguinte.

Ativo agressivo ($\beta > 1$)	Ativo moderado ($\beta \cong 1$)	Ativo conservador ($\beta < 1$)
BPI	ALTR	CTT
BCP	BANIF	IPR
PHR	EDP	JMT
EGL	EDPR	PTI
TDSA	GALP	RENE
	NOS	SEN
	SON	

Tabela 4.2. Classificação dos ativos (retornos semanais).

A avaliação da significância estatística do parâmetro beta (fator de risco) para o modelo de regressão simples, será dada pela estatística t. Através da tabela 4.1, é possível constatar que todos os valores absolutos do teste t são maiores do que $1,969201^{11}$ ($t(0,975;258) = 1,969201$). Isto significa que rejeitamos a hipótese H_0 ($H_0: \beta=0$). A totalidade dos ativos analisados apresentaram valores estatisticamente significativos, a um nível de significância de 5%, para o coeficiente do fator de risco de mercado, isto é, o risco de mercado parece explicar perfeitamente a rendibilidade média esperada. Os ativos que têm o valor de estatística t menor relativamente aos outros são: BANIF, CTT e IPR.

Por último, analisamos o coeficiente de determinação (R^2). Sabemos que um bom ajustamento do modelo reflete-se num valor de R^2 próximo de 1. Por exemplo, o R^2 da empresa Sonae (SON) é 0,5705. Então, $R^2 = 0,5705$ quer dizer que 57,05% da variabilidade encontrada para y é explicada por x , e os restantes 42,95% se devem a outros fatores. Ou, por outras palavras, o peso do risco sistemático (aquele que não é possível diversificar e que está ligado ao mercado) no risco total da empresa Sonae é de 57,05%. No nosso caso, os coeficientes de determinação não são elevados (o coeficiente de determinação apresenta valores entre 0,071 e 0,5705), e, portanto, podemos concluir que a relação linear entre as duas variáveis não é forte. As empresas que

¹¹ Para as empresas BANIF, CTT, e TDSA temos 105, 54, e 227 observações respetivamente, pois existiam dados em falta no site. Por esta razão, o valor da estatística t é comparado com os valores 1,983038, 2,005746, e 1,970516 respetivamente.

apresentam os coeficientes de determinação mais baixos são: IPR, BANIF, CTT, TDSA, JMT. Por exemplo, o coeficiente de determinação da empresa Impresa (IPR) é 0,071. Então, só 7,1% variabilidade encontrada para y é explicada por x e os restantes 92,9% se devem a outros fatores. Ou seja, a relação linear entre as duas variáveis é bastante fraca.

Vemos que alguns fundos cujos coeficientes de determinação são menores (IPR, BANIF, CTT, TDSA, menor 20%) também obtiveram resultados negativos relativamente aos testes de adequação dos modelos de regressão apresentados anteriormente.

Foram avaliados os riscos sistemático e não sistemático de cada ativo. Na figura 4.3, são apresentados os pesos dos riscos sistemático e não sistemático no risco total.

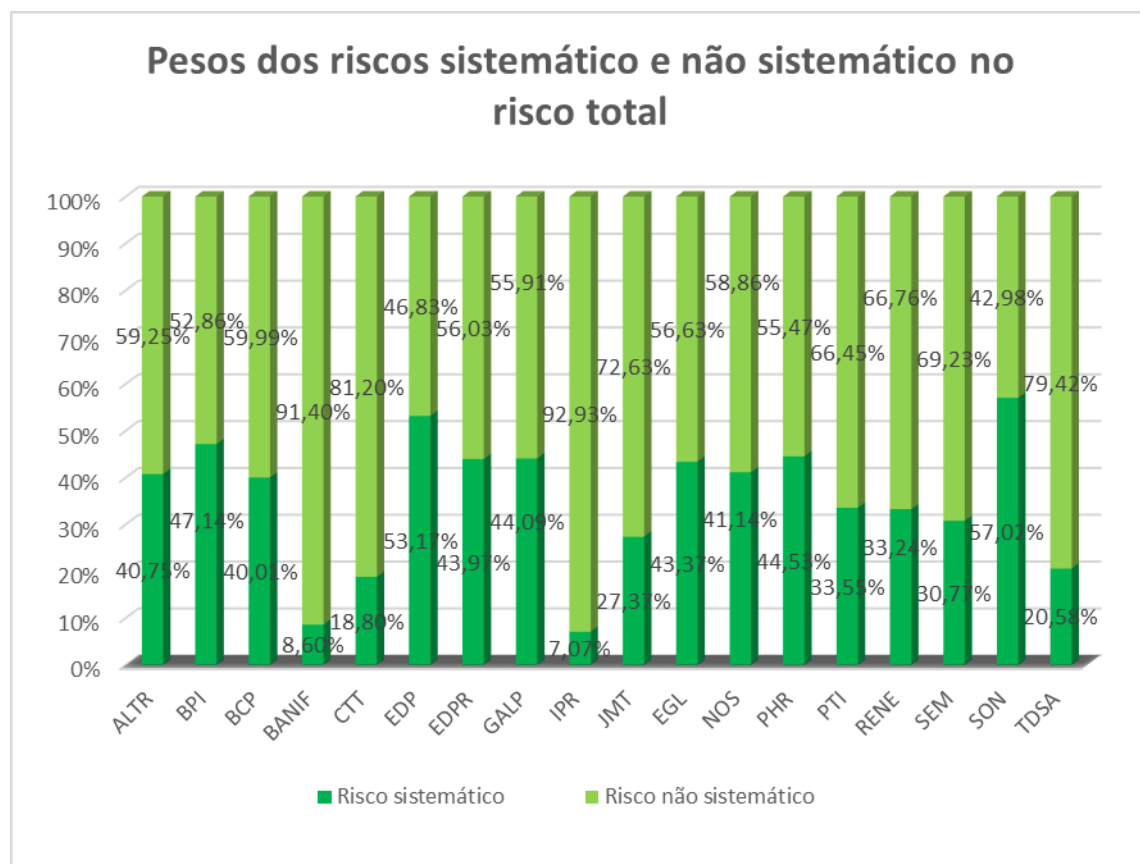


Figura 4.3. Peso dos riscos sistemático e não sistemático no risco total (ativos individuais).

Vemos que os valores de R^2 na tabela 4.1 e os valores dos pesos do risco sistemático no risco total são semelhantes. No cálculo do risco sistemático dos títulos foram usados os valores dos betas estimados pela razão entre a covariância entre o título e o mercado e pela variância do mercado. Usando os valores dos betas estimados pelo método de regressão linear simples, os valores de R^2 e os valores dos pesos do risco sistemático no risco total serão mais próximos.

Apresentamos a demonstração tendo em conta que o beta estimado através de regressão é:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{m,i} R_i - n \bar{R}_m \bar{R}}{\sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2}$$

Então,

$$\frac{\text{Risco sistemático}}{\text{Risco total}} = \frac{\beta^2 \text{Var}(R_m)}{\text{Var}(R_i)}$$

Substituímos o beta por beta estimado através de regressão.

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^n R_{m,i} R_i - n \bar{R}_m \bar{R}}{\sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2} \right)^2 \times \frac{\sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} = \frac{(\sum_{i=1}^n R_{m,i} R_i - n \bar{R}_m \bar{R})^2}{\sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2 \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}$$

Tendo em conta que

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n R_{m,i} R_i - n \bar{R}_m \bar{R} &= \sum_{i=1}^n R_{m,i} R_i - \bar{R}_m \sum_{i=1}^n R_i = \\ &= \sum_{i=1}^n R_{m,i} R_i - \sum_{i=1}^n R_i \bar{R}_m = \sum_{i=1}^n R_i (R_{m,i} - \bar{R}_m) \end{aligned}$$

temos

$$\begin{aligned} \frac{(\sum_{i=1}^n R_i (R_{m,i} - \bar{R}_m))^2}{\sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2 \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} &= \frac{\sum_{i=1}^n R_i (R_{m,i} - \bar{R}_m) \sum_{i=1}^n R_i (R_{m,i} - \bar{R}_m)}{\sum_{i=1}^n (R_{m,i} - \bar{R}_m)^2 \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} \\ &= \frac{\hat{\beta} \sum_{i=1}^n R_i (R_{m,i} - \bar{R}_m)}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} \end{aligned}$$

$$\frac{\hat{\beta} \sum_{i=1}^n R_i (R_{m,i} - \bar{R}_m)}{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} = R^2$$

Por isso

$$\frac{\text{Risco sistemático}}{\text{Risco total}} = \frac{\beta^2 \text{Var}(R_m)}{\text{Var}(R_i)} = R^2 = \frac{\text{Variação explicada}}{\text{Variação total}}$$

Uma das ferramentas popular na análise da adequação do modelo de regressão linear é a análise dos resíduos, dados pela diferença entre os valores da variável resposta observada e a variável resposta estimada. Na análise que iremos efetuar dos resíduos utilizamos os procedimentos mais comuns.

No anexo 1 incluímos a representação gráfica dos resíduos relativamente à variável independente. Como sabemos, os pontos do gráfico devem distribuir-se de forma aleatória em torno da reta, que corresponde aos resíduos iguais a zero, formando uma mancha de largura uniforme. A análise gráfica dos resíduos (anexo 1), dá indicação de que os resíduos parecem distribuir-se aleatoriamente à volta da reta $y=0$ (eixo horizontal), não se observando nenhum padrão. Dessa forma, será de esperar que os

erros sejam independentes, de média nula e variância constante, e que a relação entre as variáveis seja linear.

As únicas exceções são o BANIF e os CTT e o TDSA. Os resíduos da empresa BANIF formam uma reta, e, portanto, há um padrão na distribuição dos erros. Estes não estão dispostos aleatoriamente. Relativamente aos CTT e ao TDSA, alguns pontos nos gráficos ficam muito distantes dos demais, o que significa que a hipótese da homocedasticidade é provavelmente violada (a variância dos erros não é constante).

Para testar a normalidade dos resíduos recorreremos à sua representação em histogramas (anexo 2). Em todos os casos, os resíduos parecem seguir uma distribuição normal, com exceção mais uma vez das empresas BANIF e CTT.

Em suma, e tendo em consideração quer os testes de adequação dos modelos de regressão realizados anteriormente, quer a análise dos resíduos, podemos dizer que a adequação do modelo de regressão linear no caso do BANIF, do IPR e dos CTT levanta muitas dúvidas. Isto significa que o fator de risco de mercado não é capaz de explicar parte significativa das variações das rendibilidades dos ativos BANIF, IPR, CTT, o que sugere que fatores não observados tendem a influenciar a rendibilidade esperada.

4.2.2. Avaliação da estabilidade do parâmetro beta ao longo do tempo

Fomos de seguida avaliar a estabilidade do beta ao longo do tempo. Para isso, estimamos o valor do beta de cada ação usando diferentes intervalos de tempo (cinco anos, três anos e um ano), diferentes intervalos de cálculo dos retornos (retornos mensais, retornos semanais e retornos diários) e, naturalmente, diferente número de retornos na análise de regressão (260, 156, 59 e 254 observações).

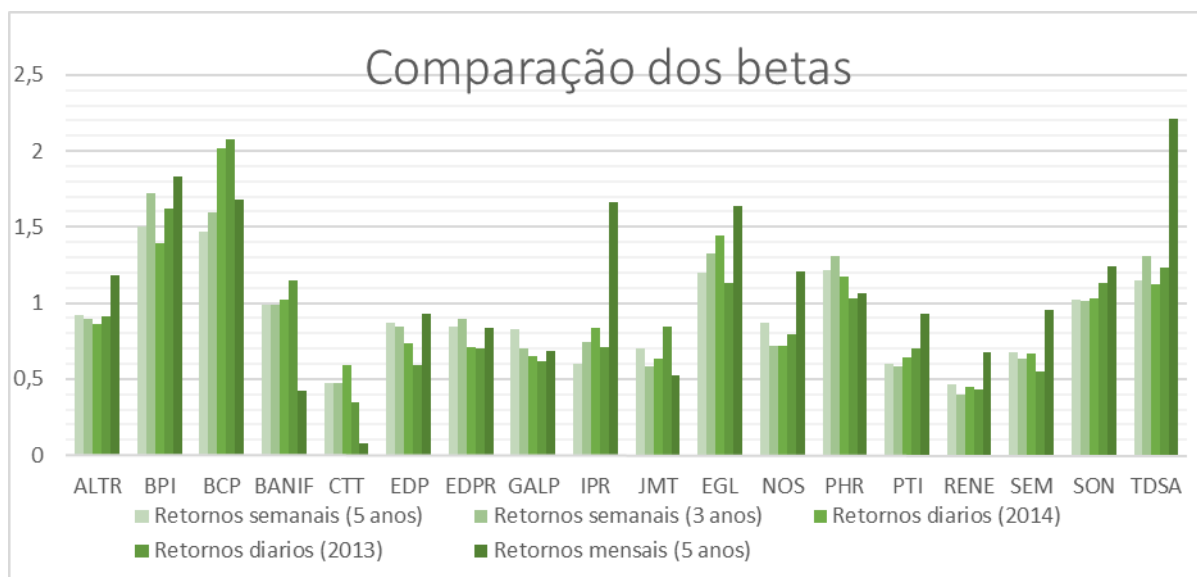


Figura 4.4. Comparação dos betas dos ativos individuais.

A figura 4.4 compara os valores dos betas obtidos através de uma regressão linear simples usando retornos semanais a 5 anos (desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014

- 260 observações), retornos semanais a 3 anos (desde janeiro de 2012 a dezembro de 2014 com 156 observações), retornos diários durante 1 ano (de janeiro a dezembro de 2014 com 254 observações), retornos diários também durante 1 ano (de janeiro a dezembro de 2013 - 254 observações), e finalmente retornos mensais a 5 anos (desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014 com 59 observações).

No início sublinhamos que não estava disponível a informação necessária sobre os retornos dos ativos CTT, BANIF e TDSA (os retornos disponíveis para empresa CTT – dezembro 2013 a dezembro 2014, para BANIF - dezembro 2012 a dezembro 2014, para TDSA – agosto 2010 a dezembro 2014), e como tal temos de ter algum cuidado na análise dos valores dos betas destas empresas.

Da análise do gráfico, vemos que os valores dos betas estimados com base nos retornos mensais apresentam resultados mais díspares face aos anteriores (não tendo em conta CTT e BANIF). Adicionalmente, nem todas as empresas apresentam uma diferença significativa entre os betas estimados usando retornos semanais e diários. Por exemplo, não há uma diferença significativa entre retornos semanais e diários das empresas ALTR, PTI, RENE, SON. Mas as seguintes empresas apresentam diferenças: BPI, BCP, EDP, EDPR, JMT, EGL, PHR. Se analisarmos os mesmos retornos (retornos semanais), mas em diferentes intervalos do tempo (cinco anos e três anos), vemos que as empresas ALTR, BCP, EDPR, GALP, NOS, PTI, RENE, SON, e TDSA não apresentam grandes diferenças, mas as empresas BPI, CTT, EGL apresentam uma diferença significativa.

De acordo com os resultados, podemos concluir que o coeficiente beta não é estável ao longo do tempo. Os valores dos betas dependem do intervalo de tempo usado para os cálculos dos retornos e do número de observações usadas na análise de regressão. Portanto, um beta calculado através do uso de retornos semanais será diferente daquele calculado através do uso de retornos diários ou mensais. Uma das dificuldades na estimação do beta prende-se precisamente com a escolha do período de tempo, já que um grande número de observações recorrendo a um longo período de tempo pode trazer para a análise valores passados já sem significado e impacto na performance da empresa. Ao mesmo tempo, utilizar um período de tempo demasiado curto pode não ser suficiente para captar a tendência geral dos retornos.

4.2.3. Avaliação da capacidade preditiva do parâmetro beta estimado

Continuamos a análise do modelo CAPM através da avaliação dos dezoito ativos selecionados no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015 (portanto, já fora da amostra inicialmente considerada) utilizando informações semanais. Os ativos serão analisados individualmente tendo em consideração o risco e o retorno proporcionado.

De acordo com o beta estimado através da regressão linear simples usando retornos semanais (5 anos), foram estimados os retornos futuros dos ativos e comparados com os que efetivamente se verificaram. Elaboramos previsões semanais, com base no retorno de mercado verificado na semana anterior.

Analisando a tabela 4.3, vemos que do final da tabela constam todos os ativos agressivos (TDSA, BCP, EGL, BPI, PHR): as somas dos quadrados da diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM de ativos agressivos são superiores às somas dos quadrados da diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM de ativos moderados e conservadores. Por outras palavras, ativos com um risco maior ($\beta > 1$) apresentam também uma maior diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM. Como podemos verificar a seguir, usando outros métodos de avaliação, os ativos agressivos são sobrevalorizados pelo mercado. As previsões futuras para ativos conservadores e moderados dá-nos resultados mais adequados, em que a diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM não é tão alta.

Empresa (código)	$\sum (R_i - \widehat{R}_i)^2$	Empresa (código)	$\sum (R_i - \widehat{R}_i)^2$	Empresa (código)	$\sum (R_i - \widehat{R}_i)^2$
RENE	0,022894	SON	0,070366	BANIF	0,120469
CTT	0,025604	SEM	0,0797	TDSA	0,127101
NOS	0,041923	ALTR	0,082815	BCP	0,232102
EDPR	0,044941	JMT	0,10686	EGL	0,288402
PTI	0,048544	GALP	0,108319	BPI	0,290684
EDP	0,056994	IPR	0,115338	PHR	0,445717

Tabela 4.3. Somas dos quadrados de diferença entre retornos reais e retornos estimados usando CAPM de cada ativo (de modo crescente).

Analisando a tabela 4.3, vemos que do final da tabela constam todos os ativos agressivos (TDSA, BCP, EGL, BPI, PHR): as somas dos quadrados da diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM de ativos agressivos são superiores às somas dos quadrados da diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM de ativos moderados e conservadores. Por outras palavras, ativos com um risco maior ($\beta > 1$) apresentam também uma maior diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM. Como podemos verificar a seguir, usando outros métodos de avaliação, os ativos agressivos são sobrevalorizados pelo mercado. As previsões futuras para ativos conservadores e moderados dá-nos resultados mais adequados, em que a diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM não é tão alta.

No anexo 3 incluímos os gráficos correspondentes aos retornos reais e aos retornos estimados usando o CAPM para cada ativo.

4.2.4. Construção da *Security Market Line*

A importância de identificar os ativos sub e sobrevalorizados pelo mercado é justificada pelo problema de descobrir os ativos que apresentam o maior retorno dado o seu risco de investimento. A reta do Mercado de Títulos (SML) é utilizada na avaliação do binómio risco/retorno de todos os ativos. A inclusão dos dados na Reta do Mercado de Títulos é apresentada na figura 4.5 a seguir, uma vez que os dezoito ativos foram inseridos no gráfico da SML com as suas respetivas avaliações da relação retorno esperado e coeficiente beta em conjunto com a definição de se o título está sub ou sobrevalorizado pelo mercado.

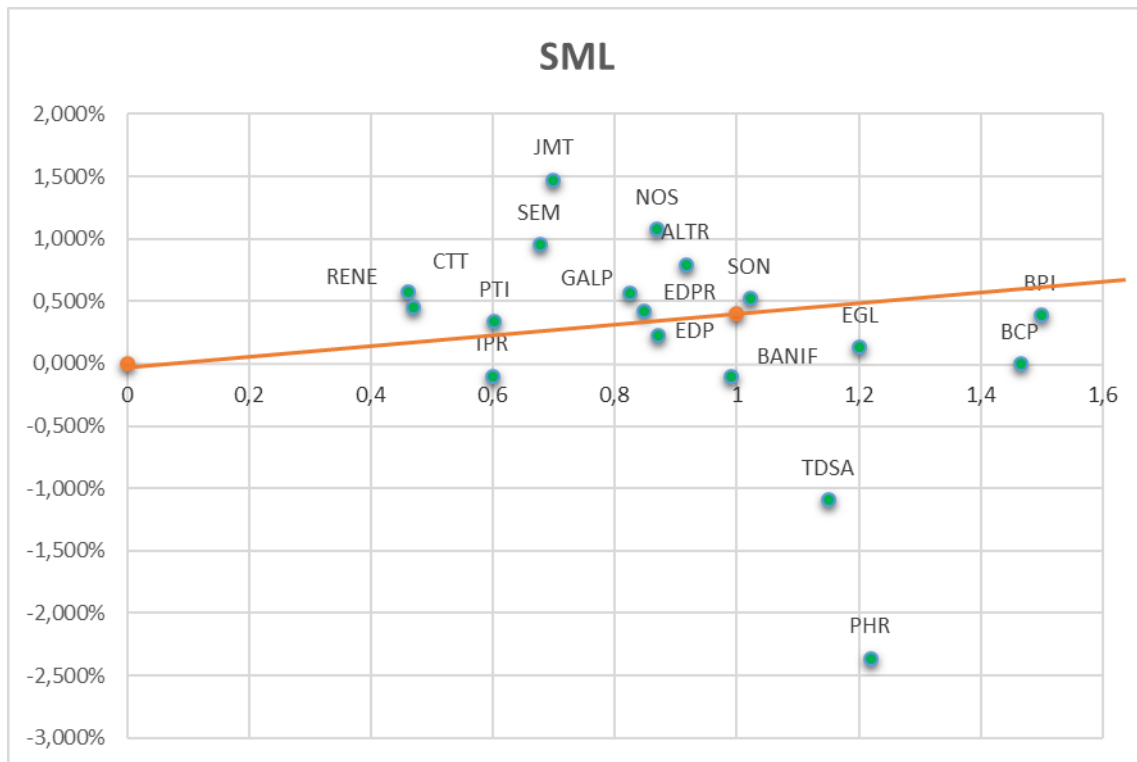


Figura 4.5. Reta do Mercado de Títulos (SML).

Como sabemos a reta SML está representada no espaço $(\beta, E(R))$, isto é o eixo x corresponde ao valor do coeficiente beta (na figura 4.5 usamos os valores dos betas estimados através de regressão linear usando informações semanais durante cinco anos) e o eixo y corresponde ao valor percentual do retorno esperado (no nosso caso são os retornos médios semanais no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015). A ordenada na origem desta reta corresponde à rentabilidade do ativo sem risco (à taxa média de Euribor a uma semana de janeiro a agosto de 2015, $\overline{R}_f = 0,00083\%$). A reta tem como ponto de corte o intervalo $(1; 0,399\%)$, que representa o beta e o retorno esperado do mercado em relação à carteira de mercado, no nosso caso o PSI-20 (o valor 0,399% é o retorno médio semanal do mercado no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015, $\overline{R}_m = 0,399\%$). A reta SML passa então pelos pontos $(0; 0,00083\%)$ e $(1; 0,399\%)$.

Analisando o gráfico, vemos que todos os ativos agressivos (de acordo com a tabela 4.2), ativos cujo beta é superior a 1, ficam abaixo da reta SML. Os ativos BPI, BCP, PHR, EGL, TDSA, situados abaixo da reta SML, oferecem um retorno menor do que o esperado pelo mercado em equilíbrio, apesar do seu risco ser superior. Portanto, o mercado está a sobreavaliar estes ativos, devendo os investidores constatar esta disparidade e promover a venda deste título. Assim, com a maior oferta o seu preço cairá até que o seu retorno esperado atinja a reta de equilíbrio do mercado.

Os ativos conservadores (de acordo com a tabela 4.2), ativos cujo beta é inferior a 1, ficam acima da reta SML. No nosso caso, a exceção é apenas uma empresa: Impresa (IPR). Os ativos CTT, JMT, PTI, RENE, SEN, apesar de apresentarem um beta inferior ao do mercado, demonstram uma expectativa de retorno elevada. Estes ativos encontram-se subavaliados, pois oferecem uma taxa de retorno maior para níveis baixos de risco.

Este é um indicativo de compra do título, uma vez que a sua valorização ocorrerá a partir do momento em que os investidores perceberem a incoerência praticada pelo mercado. Uma procura maior fará com que o seu preço se eleve, e assim o seu retorno esperado será reduzido até ao patamar apresentado pela SML. Sabemos que a SML inclui todos os títulos individuais, que em condições de equilíbrio, estão localizados sobre a reta. Porém nem sempre o mercado se encontra em situação de equilíbrio, e os ativos que usamos são exemplos claros dessa situação.

Relativamente aos ativos moderados ($\beta \cong 1$), alguns deles ficam abaixo da reta SML (BANIF, EDP) e alguns acima (ALTR, EDPR, GALP, NOS, SON), significando assim que os ativos BANIF e EDP estão sobrevalorizados pelo mercado e os ativos ALTR, EDPR, GALP, NOS, SON subvalorizados.

Um outro indicador que ajuda a determinar ativos subvalorizados e sobrevalorizados é o coeficiente alfa (alfa de Jensen). Os coeficientes alfa foram calculados como o diferencial entre o retorno em excesso do ativo face ao ativo livre de risco e o retorno explicado pelo CAPM. Então, o alfa de Jensen é função do retorno da ação, da taxa livre de risco, do beta da ação e do retorno de mercado. Os cálculos do alfa foram realizados no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015 utilizando informações semanais. Na figura seguinte, são apresentados os valores do coeficiente alfa por ordem crescente.

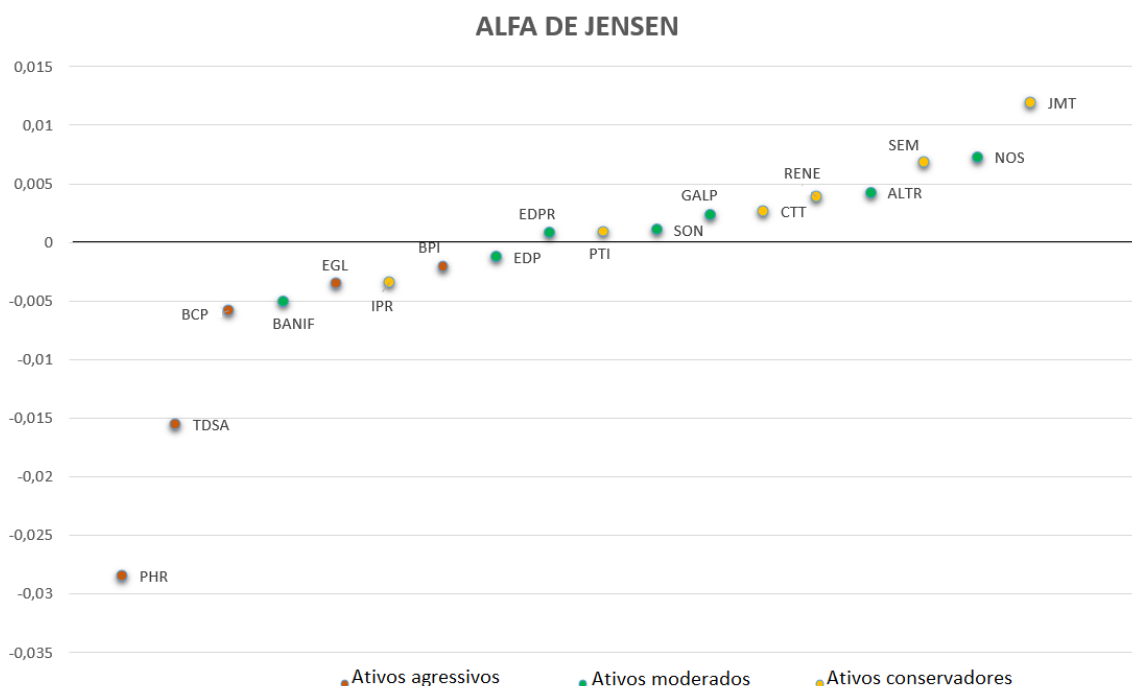


Figura 4.6. Coeficientes alfa (alfa de Jensen).

Com base na figura 4.3, o valor do coeficiente alfa corresponde à distância entre o ponto que representa o ativo e a reta SML. Se o alfa para uma ação (figura 4.4) é positivo (EDPR, PTI, SON, GALP, CTT, RENE, ALTR, SEM, NOS, JMT) isto significa que o ativo fica acima da reta SML (figura 4.5). Então, estes ativos encontram-se subavaliados. Um alfa negativo diz-nos que o ativo fica abaixo da reta SML (figura 4.5). Analisando a figura 4.6, vemos que todos os ativos agressivos, dois ativos moderados (BANIF, EDP) e um ativo

conservador (IPR) têm os coeficientes alfa negativos, o que significa que o mercado está a sobreavaliar estes ativos.

4.2.5. Comparação e seleção de fundos de investimento

De entre um vasto conjunto de técnicas, o alfa de Jensen é também um indicador usado para a seleção de fundos de investimento. Sabemos que se o coeficiente alfa é positivo, então o ativo poderá ser um bom investimento.

O coeficiente alfa foi estimado através da regressão linear simples, com base em informações semanais de janeiro de 2010 a dezembro de 2014 (cinco anos). Foram também calculados os retornos médios das ações no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015 utilizando informações semanais. Na figura 4.7, os fundos estão representados no espaço $(\alpha, \overline{E(R)})$, isto é, o eixo **x** corresponde ao valor do coeficiente alfa e o eixo **y** corresponde ao valor percentual do retorno médio.

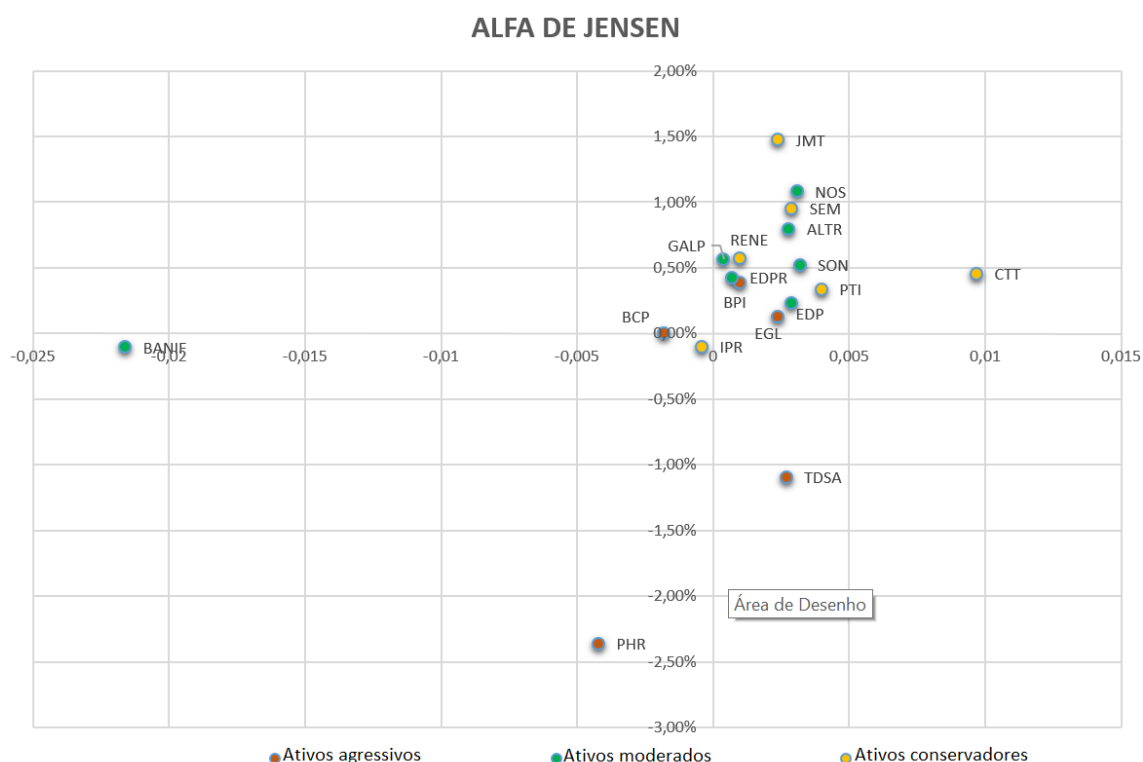


Figura 4.7. Compatibilidade da relação entre o coeficiente alfa e o retorno médio do ativo.

Analisando a figura 4.7, vemos que as empresas situadas no primeiro quadrante têm um parâmetro alfa positivo e apresentam também retornos médios positivos. A exceção é apenas para empresa Teixeira Duarte (TDSA). O alfa de Jensen estimado no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014 é positivo, mas o retorno médio calculado no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015 para a TDSA é negativo. Portanto, os fundos CTT, PTI, SON, EDP, EGL, EDPR, BPI, RENE, GALP, ALTR, SEM, NOS, JMT poderão ser considerados um bom investimento. Os ativos BANIF, PHR, BCP, IPR têm coeficientes alfa negativos e como é fácil de ver apresentam retornos médios no período de janeiro

de 2015 a agosto de 2015 negativos. Estas empresas não são assim consideradas um bom investimento.

Por último, mais um indicador que ajuda na seleção dos ativos é o rácio de Sharpe (índice de Sharpe). O rácio de Sharpe foi calculado com base nos retornos semanais no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2014 (36 meses).

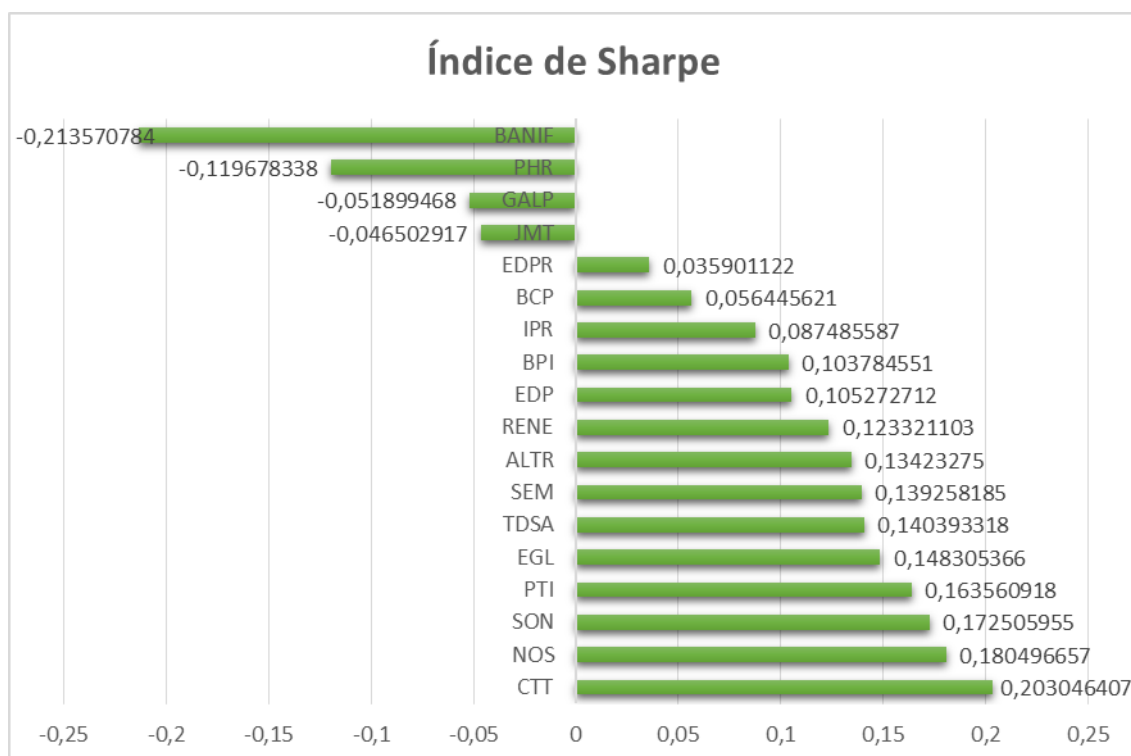


Figura 4.8. Índice de Sharpe (IS) no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2014.

Todos os valores do índice de Sharpe são menores do que um, o que nos diz que os fundos não são bons para investir. As empresas agressivas, com um nível de risco elevado no período de janeiro a agosto de 2015 não apresentam as maiores taxas de retorno. Todos os ativos agressivos têm uma taxa de retorno inferior a 0,5%, e as empresas PHR, TDSA, BCP têm inclusivamente uma taxa de retorno no período definido negativa.

As quatro empresas (CTT, NOS, SON, PTI) que apresentam um índice de Sharpe superior são empresas conservadoras (CTT, PTI) e empresas moderadas (NOS, SON). Isto significa que o risco associado a estas empresas não é elevado. Estas empresas apresentam aliás no período de janeiro a agosto de 2015, taxas de retorno superiores para baixos níveis de risco, como podemos verificar na figura 4.5.

De acordo com os resultados apresentados na figura 4.7 e na figura 4.8, comparando os valores do alfa de Jensen (α) e do índice de Sharpe (IS), vemos que os fundos CTT, NOS, SON, PTI poderão ser considerados bons investimentos, enquanto será mais prudente não investir no BANIF e na empresa PHR. Para confirmar os resultados obtidos, apresentamos os gráficos seguintes relativamente aos retornos acumulados dos ativos no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

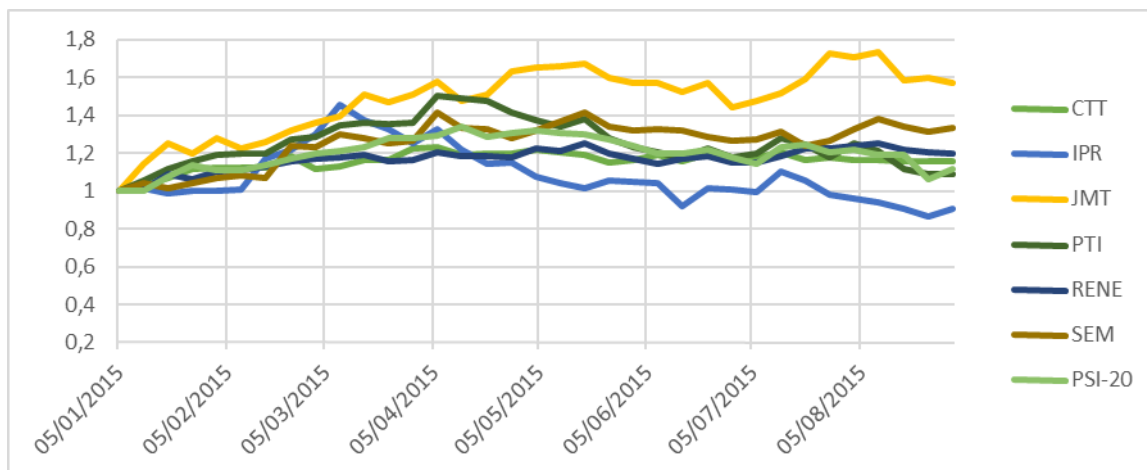


Figura 4.9. Valores acumulados de um investimento inicial de 1 euro nos ativos conservadores no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

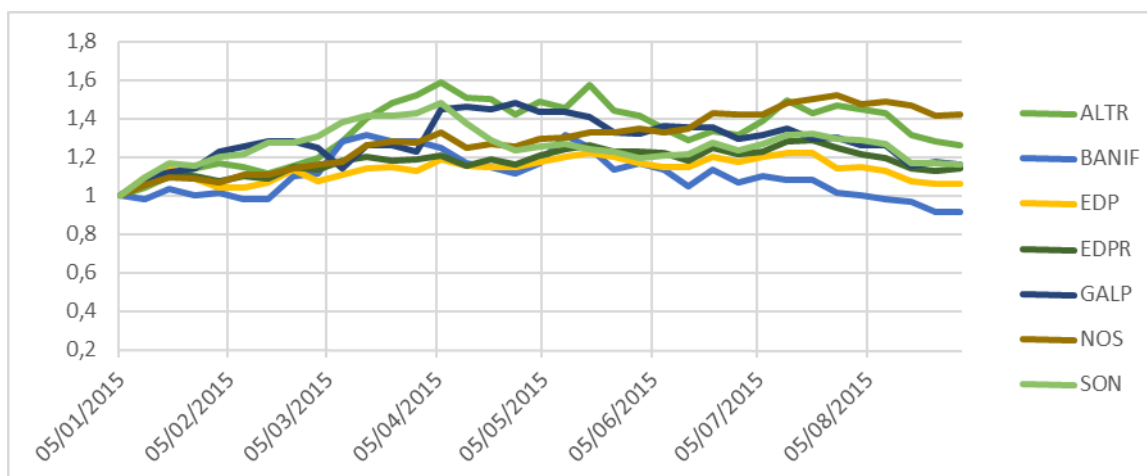


Figura 4.10. Valores acumulados de um investimento inicial de 1 euro nos ativos moderados no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

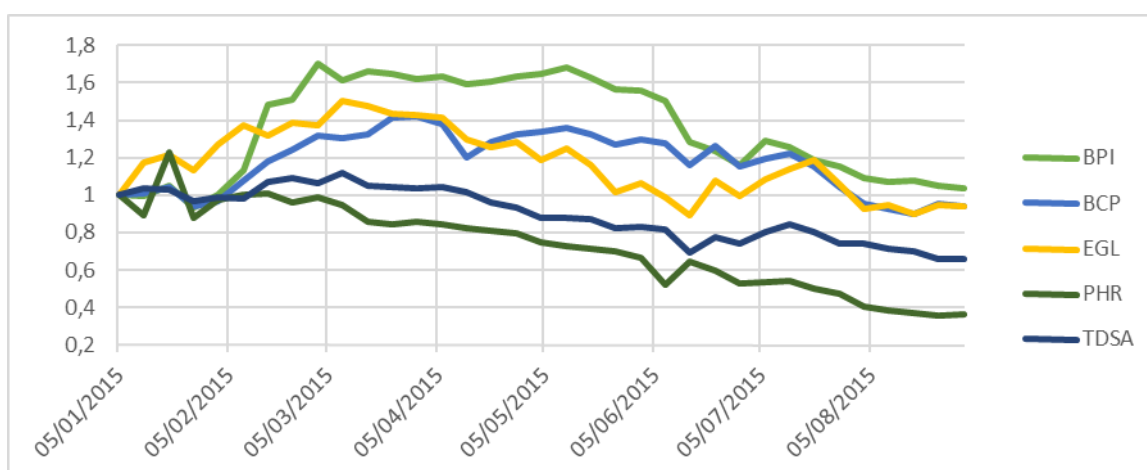


Figura 4.11. Valores acumulados de um investimento inicial de 1 euro nos ativos agressivos no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015.

Vemos que o valor da riqueza acumulada resultante de um euro investido nos ativos IPR, BANIF, BCP, EGL, PHR, TDSA, na maturidade fixou-se num valor abaixo de 1. Entre

os ativos sublinhados, BANIF, PHR, BCP, IPR têm coeficientes alfa negativos e, adicionalmente, BANIF e PHR têm índices de Sharpe negativos. Temos dois ativos, EGL e TDSA, com coeficiente alfa positivo, mas estes são ativos agressivos. Os estudos anteriores e o ultimo gráfico confirmam que estes poderão não ser bons investimentos, pois apresentam taxas dos retornos menores para um nível alto de risco.

4.2. Avaliação dos betas estimados das carteiras

De acordo com a tabela 4.2 foram constituídas três carteiras de ativos de igual peso:

- Carteira 1 ($\beta < 1$): CTT Correios de Portugal SA (CTT), Galp Energia SGPS SA (GALP), Jerónimo Martins SGPS SA (JMT), Portucel SA (PTI), Ren Redes Energéticas Nacionais SGPS SA (RENE), Semapa Sociedade de Investimento e Gestão SGPS SA (SEM).
- Carteira 2 ($\beta \cong 1$): Altri SGPS SA (ALTR), Banif Banco Internacional do Funchal SA (BANIF), EDP Energias de Portugal SA (EDP), Edp Renováveis SA (EDPR), Impresa Sociedade Gestora de Participações Sociais SA (IPR), Nos SGPS SA (NOS), Sonae SGPS SA (SON).
- Carteira 3 ($\beta > 1$): Banco BPI SA (BPI), Banco Comercial Português SA (BCP), Mota Engil SGPS SA (EGL), Pharol SGPS SA (PHR), Teixeira Duarte SA (TDSA).

Usando uma regressão linear simples, foram estimados os coeficientes beta de cada uma das carteiras. Na tabela 4.5 são descritos os betas obtidos para cada carteira, os coeficientes alfa, as estatísticas t, bem como os coeficientes de determinação.

Carteira	Coeficiente alfa (α)	Estatística t	Coef. beta estimado (β)	Estatística t	Coef. de deter. (R^2)
Carteira 1	0,0022	1,8929528	0,5987	15,27346551	0,4748
Carteira 2	0,0007	0,8064586	0,9045	31,4326838	0,7929
Carteira 3	-0,0001	-0,0566881	1,3062	22,39384729	0,6603

Tabela 4.5. Coeficientes beta, alfa, estatística t e coeficiente de determinação das carteiras de ativos (os cálculos foram realizados usando retornos semanais).

Na primeira coluna são apresentados os coeficientes alfa. A avaliação da significância estatística do parâmetro alfa para o modelo de regressão simples, será dada pela estatística t, cujos valores são apresentados na segunda coluna. Através da tabela 4.5, é possível constatar que todos os valores absolutos do teste t são inferiores a 1,969201 ($t(0,975; 258) = 1,969201$). Isto significa que não rejeitamos a hipótese H_0 ($H_0: \alpha=0$). Então, todos os coeficientes alfa nos modelos de regressão da série temporal são iguais a zero, o que também sugere uma adequação do modelo na explicação da rendibilidade esperada.

Na terceira coluna da tabela são apresentados os coeficientes beta estimados através de regressão linear simples. É natural que o beta da primeira carteira seja o mais baixo ($\beta=0,5987$), já que a carteira 1 inclui os ativos com um beta individual estimado inferior a um. O valor do beta seguinte é o valor do beta da carteira 2 ($\beta=0,9045$). Esta carteira é composta por ativos com betas próximos de um. A carteira 3 tem o beta mais alto

($\beta=1,3062$). Os ativos que pertencem essa carteira denominam-se ativos agressivos, o que significa que têm um risco sistemático mais alto.

A avaliação da significância estatística do parâmetro beta para o modelo de regressão simples, será dada pela estatística t. De acordo com tabela 4.5, é possível constatar que todos os valores absolutos do teste t são maiores do que 1,969201 ($t(0,975;258) = 1,969201$). Isto significa que rejeitamos a hipótese H_0 ($H_0: \beta=0$). Portanto, todas as carteiras analisadas apresentaram valores estatisticamente significativos, a um nível de significância de 5%, para o coeficiente do fator de risco de mercado, isto é, o risco de mercado parece explicar perfeitamente a rentabilidade média esperada das carteiras.

Na terceira coluna vemos o coeficiente de determinação (R^2). Por exemplo, o R^2 da carteira 2 é 0,7929. Então, 79,29% da variabilidade encontrada para y (a rentabilidade em excesso de carteira) é explicada por x (o prêmio de risco da carteira de mercado) e os restantes 20,71% devem-se a outros fatores. O R^2 da carteira 1 é de 0,4748. Então, só 47,48% da variabilidade encontrada para y é explicada por x e os restantes 52,52% da variabilidade são explicados por outros fatores. Isto significa que o peso do risco sistemático no risco total da carteira 1 é de 47,48%.

Comparemos seguidamente os valores do R^2 da tabela 4.1 (valores do coeficiente de determinação dos ativos individuais) e da tabela 4.5 (valores do coeficiente de determinação das carteiras). É fácil verificar que os valores do R^2 da tabela 4.5 são superiores, permitindo-nos, portanto, concluir que a relação linear entre as duas variáveis no caso das carteiras é mais forte, e ao mesmo tempo que o peso do risco sistemático no risco total no caso das carteiras é maior. Podemos comprovar o mesmo através do gráfico seguinte:

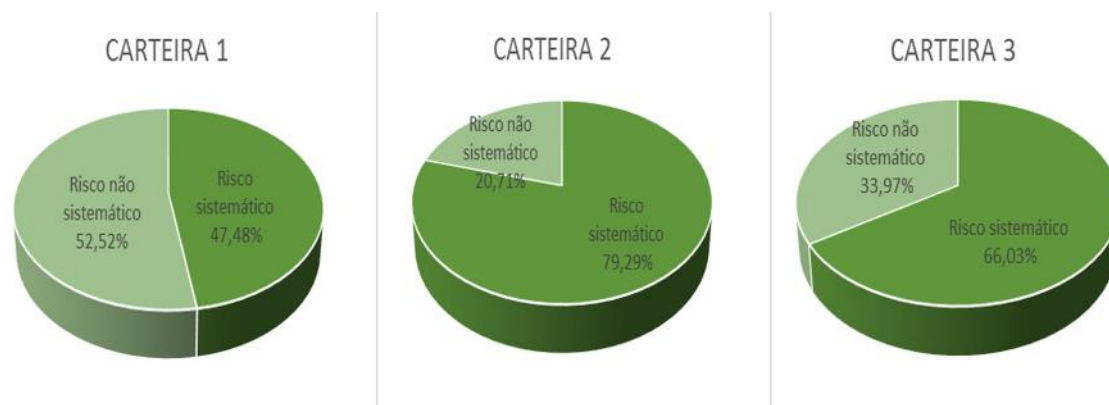


Figura 4.12. Peso dos riscos sistemático e não sistemático no risco total (carteiras).

Para retirar um maior nível de informação sobre a adequação dos modelos de regressão linear, estudamos seguidamente os resíduos. No anexo 4 podemos ver a representação gráfica dos resíduos relativamente à variável independente. A análise gráfica dos resíduos dá indicação de que estes não observam nenhum padrão, distribuindo-se aleatoriamente à volta da reta $y=0$ (eixo horizontal). Dessa forma, será de esperar que os erros sejam independentes, de média nula e variância constante, e a relação entre as variáveis seja linear. Para testar a normalidade dos resíduos foram construídos histogramas (anexo 5), e de acordo com estes os resíduos parecem seguir uma distribuição normal.

Podemos assim concluir, com base nos testes realizados, sobre a adequação dos modelos de regressão linear relativamente aos dados estudados.

Usando os retornos semanais, foram calculados os retornos reais médios das carteiras no período de janeiro de 2015 a agosto de 2015. A tabela 4.6 apresenta um resumo dos resultados para a compatibilidade da relação entre as seguintes variáveis: o retorno da carteira e o coeficiente beta.

	Beta	Retorno
Carteira 1	0,5987	0,61%
Carteira 2	0,9045	0,50%
Carteira 3	1,3062	-0,59%

Tabela 4.6. Compatibilidade da relação entre o retorno médio da carteira e o coeficiente beta.

Vemos que a carteira 1 que tem o menor beta é também aquela com o retorno maior, enquanto a carteira 3 com o maior beta é a que apresenta o retorno menor. Parece então existir uma relação negativa entre beta e retorno. Mas de acordo com o CAPM, o retorno da carteira é diretamente proporcional ao seu risco sistemático (o beta): a um retorno maior corresponde um beta maior. Temos resultados contrários ao que seria de esperar: ao retorno maior corresponde o beta menor.

Infelizmente, não podemos tirar conclusões semelhantes quando falamos sobre ativos individuais. Com base na figura 4.5, vemos que não parece existir uma relação clara entre um maior risco e um maior retorno.

Por ultimo avaliamos a estabilidade dos betas das carteiras ao longo do tempo. Para isso, estimamos o valor do beta de cada carteira usando diferentes intervalos de tempo (cinco anos, três anos e um ano), diferentes intervalos de cálculo dos retornos (retornos mensais, retornos semanais e retornos diários) e, naturalmente, diferente número de retornos na análise de regressão (260, 156, 59 e 254 observações). A figura 4.13 compara os valores dos betas das carteiras obtidos através de uma regressão linear simples usando retornos semanais a 5 anos (desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014 - 260 observações), retornos semanais a 3 anos (desde janeiro de 2012 a dezembro de 2014 com 156 observações), retornos diários durante 1 ano (de janeiro a dezembro de 2014 com 254 observações), retornos diários também durante 1 ano (de janeiro a dezembro de 2013 - 254 observações), e finalmente retornos mensais a 5 anos (desde janeiro de 2010 a dezembro de 2014 com 59 observações).

Analisando o gráfico vemos que não se verifica uma diferença significativa entre os betas estimados usando retornos semanais e diários. Os valores dos betas estimados com base nos retornos mensais das carteiras 1 e 3 apresentam resultados mais díspares face à carteira 2.

Comparamos de seguida os valores dos betas estimados usando diferentes intervalos de tempo, diferentes intervalos de cálculo dos retornos, e diferente número de retornos na análise de regressão dos ativos individuais e das carteiras (figura 4.4 e figura 4.13).

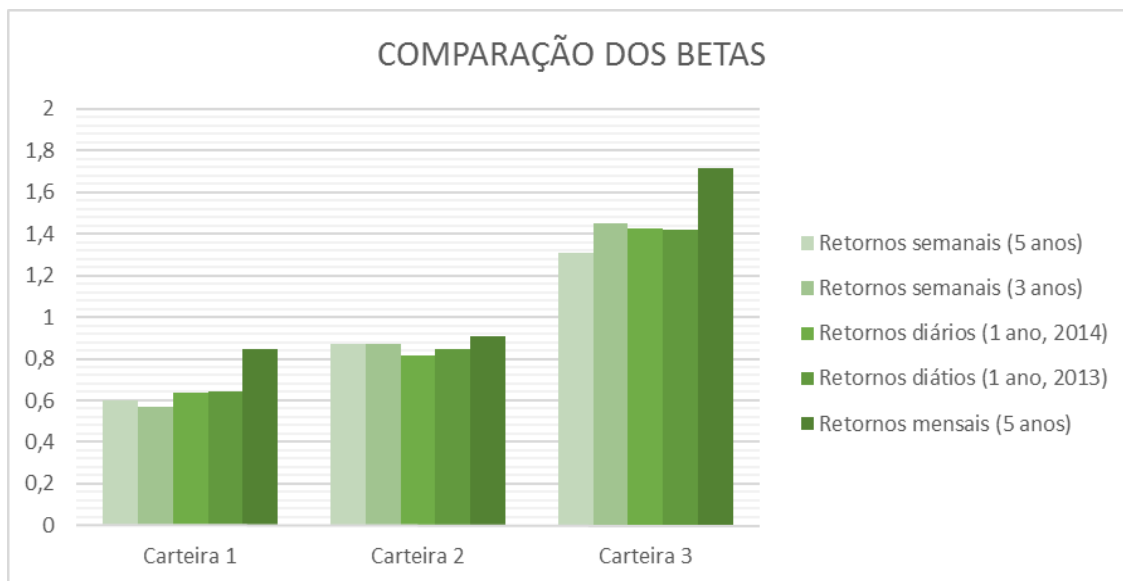


Figura 4.13. Comparação dos betas das carteiras.

A constituição de carteira de ativos reduz a amplitude dos valores dos betas, como podemos confirmar nas tabelas seguintes onde estão representados os intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta estimado através da regressão linear simples usando informações semanais.

	95% inferior	95% superior	Amplitude
BPI	1,3051113	1,69413147	0,38902016
BCP	1,2455002	1,6850834	0,43958324
PHR	1,0526786	1,38662356	0,33394498
EGL	1,0335322	1,36987437	0,33634214
TDSA	0,8544074	1,44571067	0,5913033
carteira 3	1,19140606	1,420951041	0,229544982

Tabela 4.7. Comparação dos intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta dos ativos agressivos e da carteira composta por estes ativos agressivos.

A amplitude de intervalo de confiança da carteira que agrega os ativos agressivos é menor do que o intervalo de confiança de qualquer ativo individual. As mesmas conclusões podem ser retiradas no caso de ativos moderados.

	95% inferior	95% superior	Amplitude
CTT	0,200354948	0,738075706	0,537720759
IPR	0,333704805	0,865684945	0,53198014
JMT	0,559387335	0,838813009	0,279425675
PTI	0,498954497	0,70685509	0,207900593
RENE	0,381050026	0,541170139	0,160120113
SEN	0,552447554	0,801133951	0,248686397
carteira 1	1,191406059	1,420951041	0,229544982

Tabela 4.8. Comparação dos intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta dos ativos conservadores e da carteira composta por estes ativos conservadores.

	95% inferior	95% superior	Amplitude
ALTR	0,78140389	1,052225386	0,2708215
BANIF	0,35772654	1,618942512	1,261216
EDP	0,77073098	0,971022593	0,2002916
EDPR	0,73097332	0,965617184	0,2346439
GALP	0,71106585	0,938898049	0,2278322
NOS	0,74199624	0,996739897	0,2547437
SON	0,91290567	1,13021848	0,2173128
carteira 2	0,84787161	0,961170658	0,11329905

Tabela 4.9. Comparação dos intervalos de confiança a 95% para o coeficiente beta dos ativos moderados e da carteira composta por estes ativos moderados.

A única exceção refere-se aos ativos conservadores. Dos resultados da tabela 4.9. é fácil verificar que o intervalo de confiança do beta desta carteira 1 é superior ao intervalo de confiança dos betas dos ativos individuais que a compõem. Mas vemos também que a carteira inclui os ativos CTT e IPR, que apresentaram falhas na estimação dos respetivos modelos de regressão. Adicionalmente, os seus intervalos de confiança são os mais elevados de todos da carteira 1. É importante sublinhar que de entre os ativos individuais, o maior intervalo de confiança corresponde ao beta do ativo BANIF que também apresenta falhas na estimação do modelo de regressão.

5. CONCLUSÕES

Tendo-se proposto como objetivo deste trabalho mostrar a aplicabilidade do modelo CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) e testar a sua validade na bolsa de valores de Lisboa, procurou-se estudar o modelo CAPM que melhor descreve as rendibilidades médias esperadas de uma amostra de dezoito ativos pertencentes ao índice de mercado PSI-20 para o período em análise de janeiro de 2010 a dezembro de 2014. Neste âmbito, ao longo desta dissertação foram referidas diversas teorias sobre a avaliação do risco não diversificável (o fator beta) das ações e carteiras, foram avaliados os pesos do risco sistemático e não sistemático no risco total, foi avaliado o comportamento do risco sistemático ao longo do tempo e também foi efetuada uma comparação entre os betas estimados em relação às carteiras e aos títulos individuais. Este estudo procurou mostrar a aplicabilidade deste modelo para um conjunto de empresas, verificando o seu comportamento em relação ao risco e ao retorno medido através do modelo e o ocorrido na realidade.

No desenvolvimento deste trabalho foram sentidas algumas limitações. O mercado bolsista português é um mercado demasiado pequeno e com baixa liquidez. O índice PSI-20 conta com apenas 18 empresas. O seu reduzido número de ações cotadas faz com que não seja possível formar muitos portfolios, e ao mesmo tempo o número de ações contidas em cada portfolio é menor do que o desejável. O mercado acionista português, principalmente nos últimos anos, tem sido vítima de vários problemas relacionados com a crise financeira que temos vivido, nomeadamente a instabilidade financeira e económica verificada a nível mundial desde 2008. Adicionalmente, o horizonte temporal considerado pode ter comprometido o resultado extraído desta aplicação prática. Não foi possível escolher um período considerável, anterior a 2008, por falta de acesso a informação necessária para o estudo. Por esse motivo, o período analisado concentrou-se nos anos de 2010 a 2014.

Inicialmente, foram estimados os coeficientes beta das empresas individuais e analisada a adequação dos modelos de regressão linear usando ferramentas estatísticas. Tendo em consideração os testes de adequação realizados, concluiu-se pela fraca adequação do modelo de regressão linear no caso do BANIF, do IPR e dos CTT. Significa isto que o prémio de risco do mercado não é capaz de explicar a rentabilidade esperada destas empresas. Relativamente ao peso do risco sistemático no risco total, vemos que estes valores variam num intervalo desde 7,07% até 57,02%. Então, o beta do mercado não é uma descrição completa do risco de um ativo. Torna-se evidente que o fator de risco de mercado não é capaz de explicar parte significativa das variações das rendibilidades dos ativos em análise, o que sugere que fatores não observados tendem a influenciar a rentabilidade esperada.

De acordo com os resultados obtidos relativamente à estabilidade do beta dos ativos ao longo do tempo, podemos concluir que este coeficiente não é estável. Os valores dos

betas dependem do intervalo de tempo usado para os cálculos dos retornos e do número de observações usadas na análise de regressão.

Usando o beta estimado no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2014, foram estimados os retornos futuros dos ativos e comparados com os que efetivamente se verificaram. Os ativos com um risco maior ($\beta > 1$) apresentam também uma maior diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM. As previsões futuras para ativos conservadores e moderados dá-nos resultados mais adequados, em que a diferença entre retornos reais e retornos estimados usando o CAPM não é tão elevada.

Infelizmente, quando falamos de ativos individuais, vemos que não parece existir uma relação clara entre um maior risco e um maior retorno. Esta conclusão está de acordo com outros estudos feitos sobre este tema, como já mencionamos na secção. A utilização de betas históricos na previsão dos retornos futuros conduz a uma subestimação dos ativos de beta inferior e uma sobrestimação dos ativos de beta superior [Levy (1971), Blum (1975)]. Por outras palavras, ativos com coeficientes beta inferiores (ativos conservadores) são subvalorizados pelo mercado, pois no futuro tendem a oferecer uma taxa de retorno maior para níveis baixos de risco, e ativos com betas altos (ativos agressivos) tendem a oferecer no futuro um retorno menor do que o esperado pelo mercado em equilíbrio.

Para aumentar a precisão dos betas estimados continuamos o nosso estudo com carteiras de ativos, e não apenas com títulos individuais. Para a constituição das carteiras, usamos um método que corresponde hoje em dia ao padrão em testes empíricos: classificamos os títulos de acordo com o seu beta e formamos várias carteiras tendo por base este valor. A primeira carteira contém os títulos de menor beta e assim por diante, até chegar à última carteira, com os ativos de beta mais elevado.

Como resultado foram construídas três carteiras. Para a estimação do risco sistemático, foram construídos três modelos de regressão, tendo-se revelado todos eles adequados. Isto significa que o prémio de risco do mercado é capaz de explicar a rentabilidade esperada das carteiras, algo que é também confirmado pelos valores do peso do risco sistemático no risco total, já que em todos os casos, estes são superiores aos verificados nos ativos individuais. Todavia, quando falamos sobre carteiras, vemos que não existe uma relação entre um maior risco e um maior retorno. Temos aliás resultados contrários: a um retorno maior corresponde um beta menor.

Perante esta comparação entre os modelos CAPM para carteiras e para títulos individuais e as respetivas expectativas de mercado (valor real), advém que o modelo CAPM das carteiras tem uma aplicação mais vasta ao objeto de estudo do que o modelo CAPM dos ativos individuais. Os dois são validados parcialmente, isto é, para certas empresas e anos observa-se que os modelos têm uma aplicação válida.

A atratividade do CAPM está no facto de que oferece previsões poderosas e intuitivamente agradáveis sobre a medida do risco e a relação entre retorno e risco. Infelizmente, o histórico empírico do modelo é fraco. O que significa que os betas podem

ou não refletir efetivamente a variabilidade futura dos retornos. Dessa forma, os retornos exigidos especificados pelo modelo devem ser usados somente como aproximações.

Os problemas empíricos do CAPM podem refletir falhas teóricas resultantes de um grande número de premissas simplificadoras, mas também podem ser causados por dificuldades na implementação de testes válidos para o modelo. Por exemplo, o CAPM afirma que o risco de uma ação deve ser medido em relação a uma “carteira de mercado” abrangente, que deveria incluir não só ativos financeiros negociados, mas também bens de consumo duráveis, imóveis e capital humano. Esta abordagem para a formação da carteira de mercado pode, eventualmente, distorcer os resultados do estudo, isto é, o valor do coeficiente beta. Um outro problema que encontramos e que contradiz a teoria do CAPM, tem a ver com o facto de que a maior parte dos retornos de mercado no período em análise são negativos. Consequentemente, os prémios de risco de mercado são também negativos. A taxa de retorno do ativo sem risco, no nosso caso a Euribor, também apresentou muitas vezes valores negativos. O CAPM pressupõe ainda que os mercados são eficientes, muito embora este pressuposto pareça pouco realista.

Existem assim algumas fraquezas da teoria ou da implementação do CAPM, que se traduzem numa fraca adequação da maioria das aplicações do modelo. Na prática, porém, não é possível dizer se o problema é uma má estimação ou um mau modelo de estimação de ativos. Conclui-se que a utilização do modelo CAPM é mais intuitiva do que matemática, e acredita-se que um “uso criterioso do modelo sem um apoio exagerado em dados históricos, é a forma mais efetiva de lidar com o risco nas finanças corporativas modernas” (Demoran (2012)).

Hoje em dia, o Modelo de Equilíbrio de Ativos Financeiros (CAPM) ainda é uma das conquistas científicas mais significativas na área de finanças.

BIBLIOGRAFIA

- ALMAS, D. & DUQUE, J. Value investing: the book-to-market effect, accounting information, and stock returns. Working Paper 1/2008, ADVANCE – Centro de Investigação Avançada em Gestão do ISEG, Instituto Superior de Economia e Gestão, Universidade Técnica de Lisboa, ISSN. 0874 – 8470, 2008.
- AREAL, N. & ARMADA, M. The long-horizon returns behaviour of the Portuguese stock market. *European Journal of Finance*, 8, (1), 93 – 122, 2002.
- BACHELIER L., Theory of Speculation. In Cootner P. editon, *The Random Character of Stock Market Price*. Cambridge: MIT Press, 1964. (Originally published 1900).
- BANZ, R. W. The relationship between return and market value of common stocks. *Journal of Financial Economics*, v. 9, n. 1, 3-18, 1981.
- BLACK, F.; JENSEN, M. C.; SCHOLES, M. The capital asset pricing model: some empirical tests. In: JENSEN, M. C. (Ed.). *Studies in the Theory of Capital Markets*. New York: Praeger, p. 79-121, 1972.
- BLACK, F. Capital market equilibrium with restricted borrowing. *Journal of Business*, v. 45, n. 3, p. 444-454, 1972.
- BLACK, F. Beta and Return. *Journal of Portfólio Management*, Fall, p.8 – 18, 1993.
- BLUME, M. Betas and Their Regression Tendencies. *Journal of Finance* 30, 785-795, 1975.
- BLUME, M.; FRIEND, I. A new look at the capital asset pricing model. *Journal of Finance*, v. 28, n. 1, p. 19-33, 1973.
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C. *Princípios de finanças empresariais*. 3. ed. Lisboa: McGrawHill, 924 p. 1995.
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. O que é um Mercado eficiente. in *Princípios de Finanças Empresariais*. 8ª.ed.. Espanha: McGraw-Hill Interamericana de Espanha, Inc., ISBN 978-84-481-6085-2, 2007.
- CARVALHO, B., & BARAJAS, Á. Parameters that provide higher explanation estimating betas in the Portuguese stock market. *Ekonomika istraživanja - Economic Research*, 26 (2), p.117 – 128, 2013.
- COPELAND, T. E.; WESTON, F. J. *Financial theory and corporate policy*. 3. ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1992.
- ESTRADA, J. The cost of equity in emerging markets: a downside risk approach. *Emerging Markets Quarterly*, New York, v. 13, n. 1, p. 19-30, Fall 2000.
- FAMA, E. Efficient Capital Markets: A review of theory and Empirical Work, *The journal of finance*, May, p. 383-417, 1970.
- FAMA, E. Efficient Capital Market, *Journal of Finance* 5, December, p.1575-1617, 1991.

FAMA, F. & FRENCH, K. R. The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*, 47, (2), 427 – 465, 1992.

FAMA, F. & FRENCH, K. Common risk factors in the returns of stock and bonds. *Journal of Financial Economics*, 33 (1), 3 – 56, 1993.

FAMA, F. & FRENCH, K. R. The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. *Journal of Economic Perspectives*, v. 18, n. 3, 25–46, 2004.

FAMA, E. F.; MACBETH, J. Risk, return and equilibrium: empirical test. *Journal of Political Economy*, Chicago, p. 30-55, Jan.-Feb. 1971.

FAMA, F.; MACBETH, D. Risk, return and equilibrium. Empirical tests. *Journal of Political Economy*, v. 81, n. 3, p. 607-636, 1973.

FAMA, E. F.; MACBETH, J. Tests of The Multiperiod TwoParameter Model. *Journal of Financial Economics*. vol. 1, pp. 43-66, 1974.

FERSON, W. E. HARVEY, C. R. The variation of economic risk premiums. *Journal of Political Economy*. 99: 385-415, 1991.

FERSON, W.; KORAJCZYK, R. Do arbitrage pricing models explain the predictability or stock returns? *Journal of Business*, Chicago, v. 68, n. 3, p. 309-349, July 1995.

FRIEND, I.; BLUME, M. Measurement of portfolio performance under uncertainty. *American Economic Review*, v. 60, n. 4, p. 607-636, 1970.

GIBBONS, M. R. Multivariate tests of financial models: a new approach. *Journal of Financial Economics*, v. 10, n. 1, p. 3-27, 1982.

GITMAN, Lawrence J. *Princípios de administração financeira*. 7.ed. São Paulo: Harbra, 1997.

HOGAN, W. W.; WARREN, J. M. Toward the development of an equilibrium capital market model based on semi-variance. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Seattle, v. 9, n. 1, p. 1- 11, Jan. 1974.

HUBERMAN, Gur. “A Simple Approach to Arbitrage Pricing Theory”, *Journal OF Economic Theory*, v. 28, n. 1, p. 183 – 191, 1982.

JAGANNATHAN, R.; WANG, Z. The conditional CAPM and the cross-section of expected returns. *Journal of Finance*, New York, v. 51, n. 1, p. 3-53, Mar. 1996.

JENSEN, M. C. The performance of mutual funds in the period 1945-1964. *Journal of Finance*, v. 23, n. 2, p. 389-416, 1968.

JENSEN, M. C. Some Anomalous Evidence Regarding Market Efficiency. *Journal of Financial Economics*. 6 95-102, 1978.

LINTNER J. The valuation of risk assets and the selection of risk investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, Cambridge, v. 47, n. 1, p. 13-37, Feb. 1965.

LEWELLEN, J.; NEGEL, S. The conditional CAPM does not explain asset-pricing anomalies. 2003. Working Paper, 9974, 2003.

LEVY, R. On the Short-Term Stationarity of Beta Coefficients. *Financial Analyst Journal*, v. 27, p.55-62, 1971.

LEVY, H. The Capital Asset Pricing Model, inflation, and the investment horizon: the Israeli experience. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Seattle, v. 15, n. 3, p. 561-593, Sept. 1980.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. *Journal of Finance*, New York, v. 7, n. 1, p. 7791, Mar. 1952.

MILLER, M.; SCHOLES, M. Rates of return in relation to risk: a reexamination of some recent findings. In: JENSEN, M. C. (Ed.). *Studies in the Theory of Capital Markets*. New York: Praeger, p. 47-78, 1972.

MOSSIN, J. Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, Oxford, v. 34, n. 4, p. 768-783, Oct. 1966.

OSBORNE M. F. M., Brownian Motion in the Stock Market. In Cootner P. edition, *The Random Character of Stock Market Price*. Cambridge: MIT Press, 1964.

RIBENBOIM, G. Teste de modelo CAPM com dados brasileiros. In: BONOMO, M. A. (Org.). *Finanças aplicadas ao Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: FVG, 2004.

ROLL, R. A critique of the asset pricing theory's tests - Part I: On past and potential testability of the theory. *Journal of Financial Economics*, 4, 129 – 176, 1977.

ROSS, S. The Arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341-360, 1976.

ROSS, S.; WESTERFIELD, R.; JAFFE, J. Tradução de Corporate Finance, 5th edition, 1999, por António Zorato Sanvicente. *Administração Financeira*. São Paulo, Atlas, 2002.

SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, New York, v. 19, n. 3, p. 425-442, Sept. 1964.

SCHEWESER, CFA Level 1 Study Notes Volume 4. 1.ed. New York, Klapan, 2008.

STAMBAUGH, R. F. On the exclusion of assets from tests of the two-parameter model: a sensitivity analysis. *Journal of Financial Economics*, v.10, 1982.

TOBIN, JAMES. Liquidity preference as behavior towards risk, *The Review of Economic Studies*, 25, 65-86, 1958.

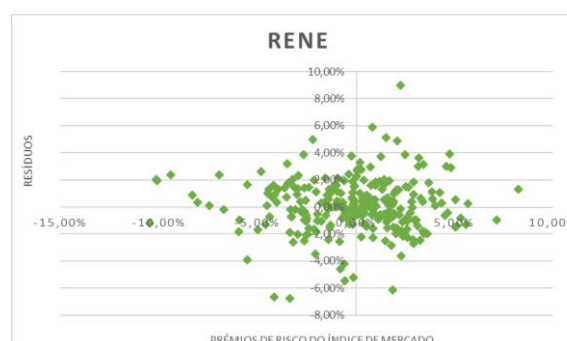
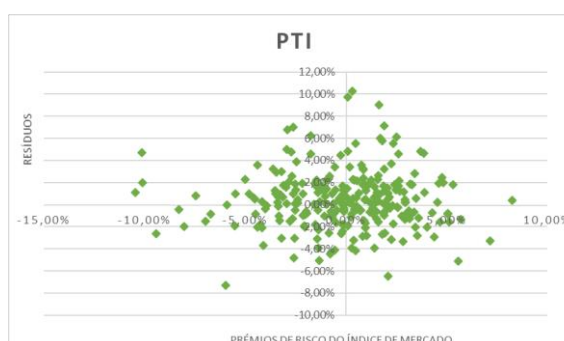
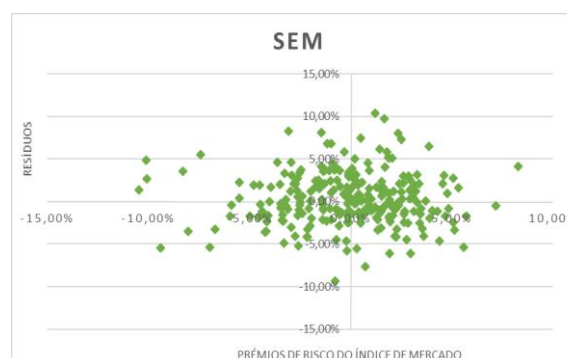
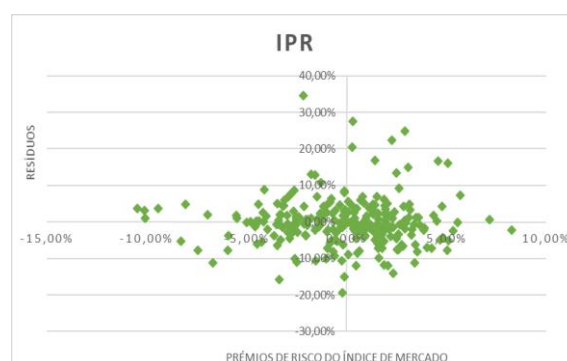
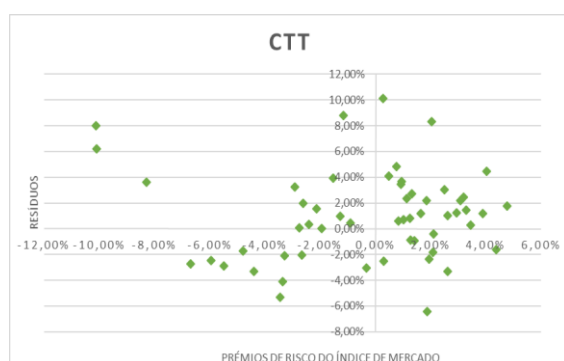
WELCH, I. The consensus estimate for the equity premium by academic financial economists in december 2007, Working Paper, Brown University, 2008.

WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. *Fundamentos da Administração Financeira*. Editora Makron, 10ª Edição, 2000.

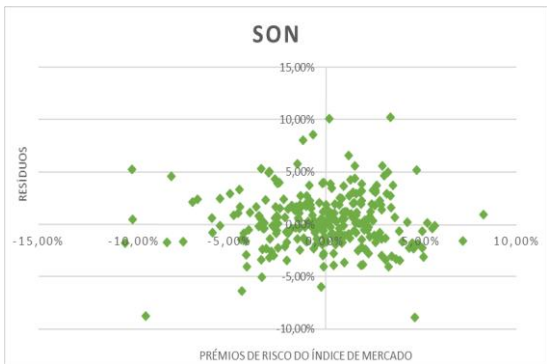
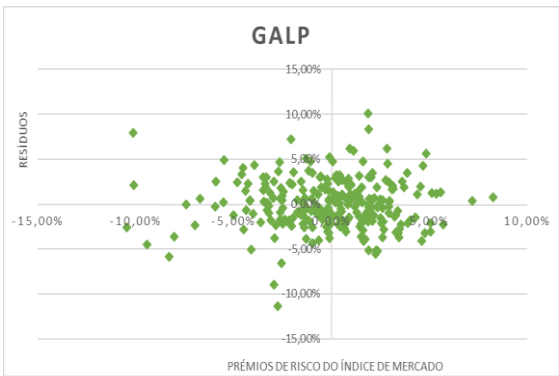
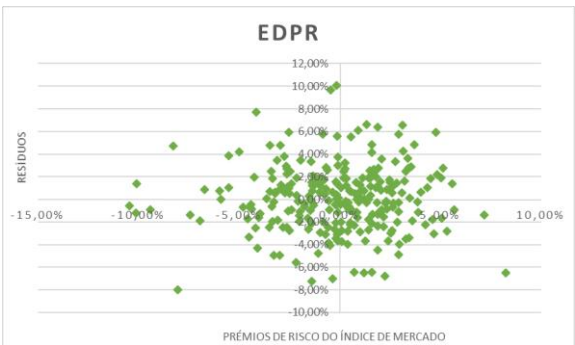
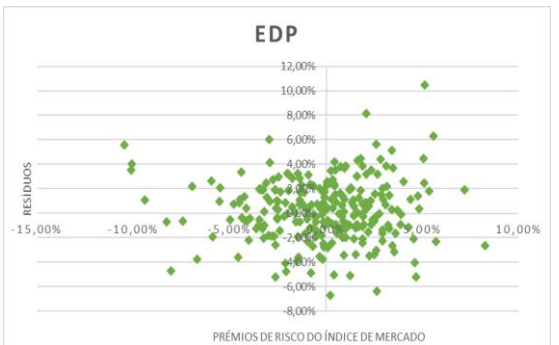
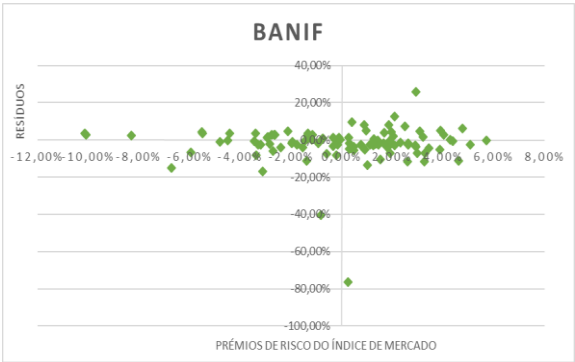
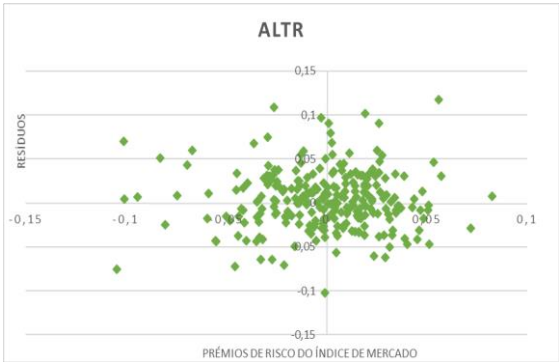
ANEXOS

Anexo 1 – Gráficos dos resíduos versus variáveis independentes dos ativos individuais. Agrupamos as empresas de acordo com o seu nível de risco sistemático (tabela 3.1).

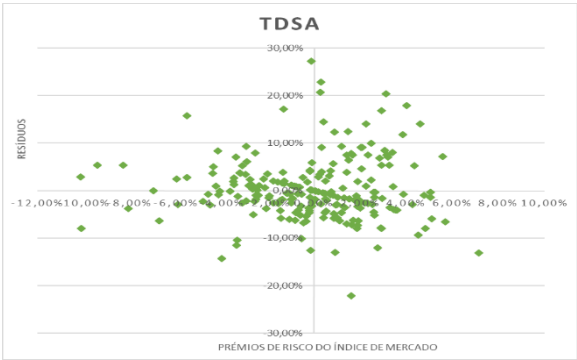
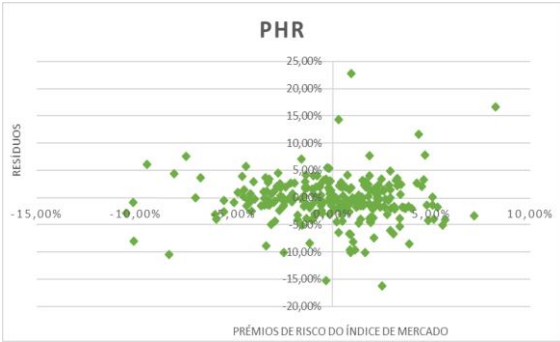
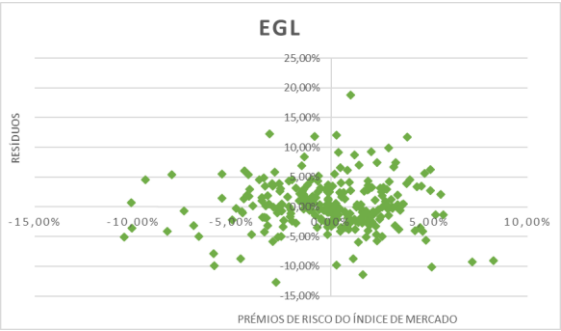
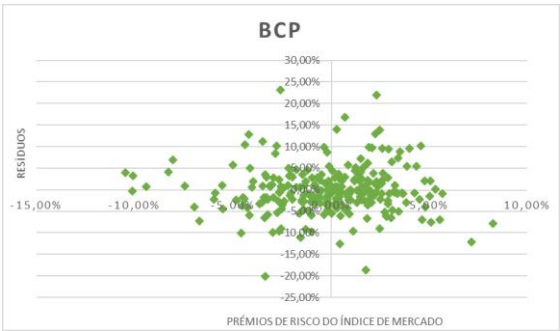
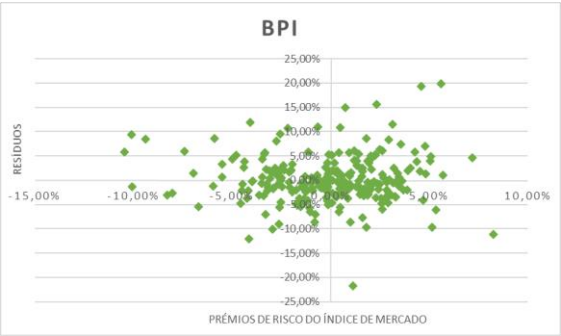
Ativos conservadores



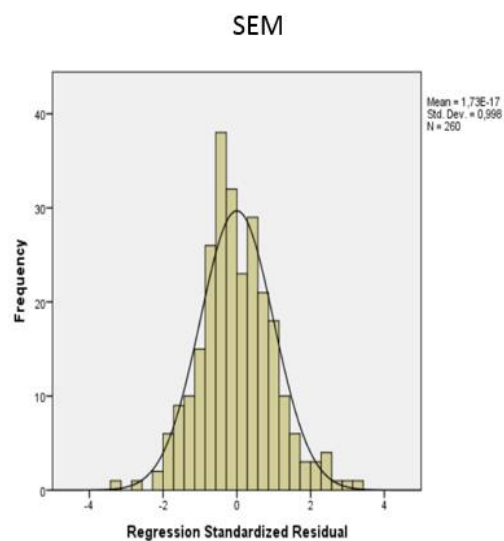
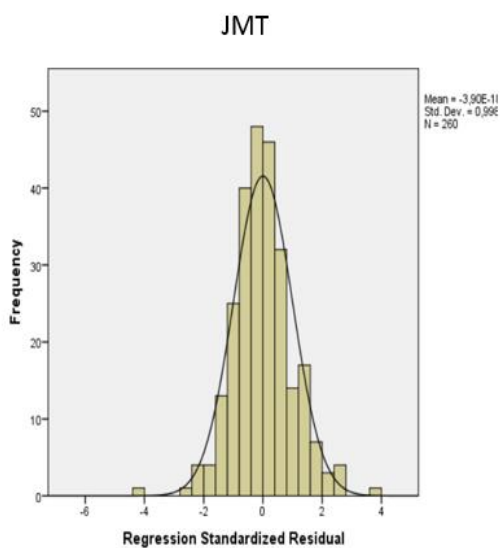
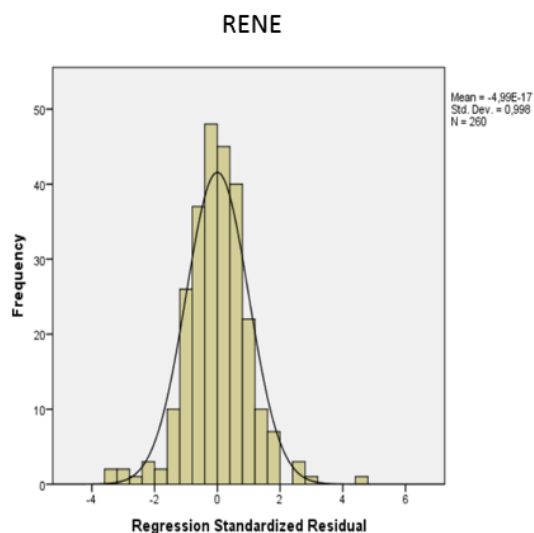
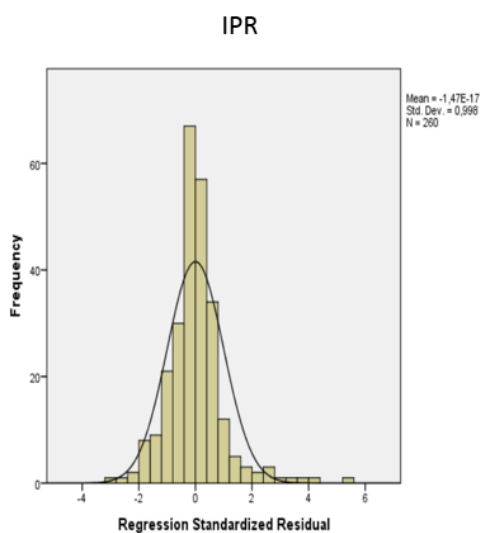
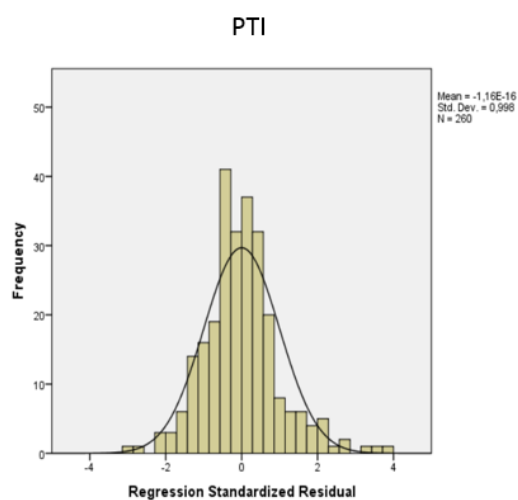
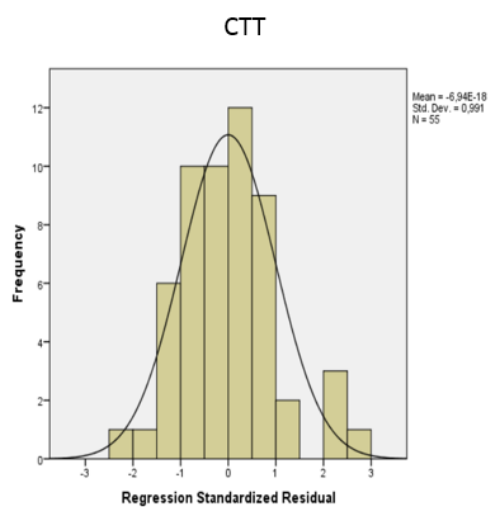
Ativos moderados



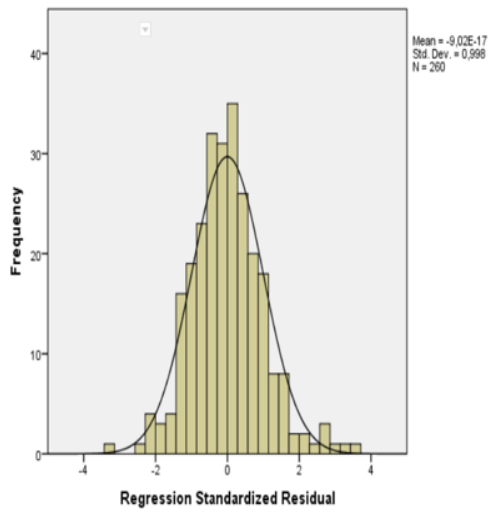
Ativos agressivos



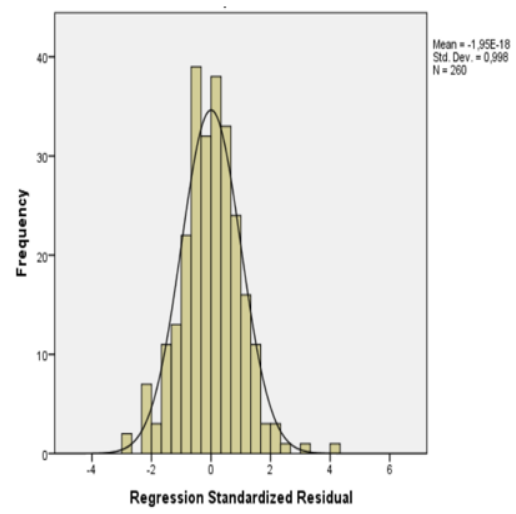
Anexo 2 – Histogramas dos resíduos dos títulos individuais extraídos do SPSS.



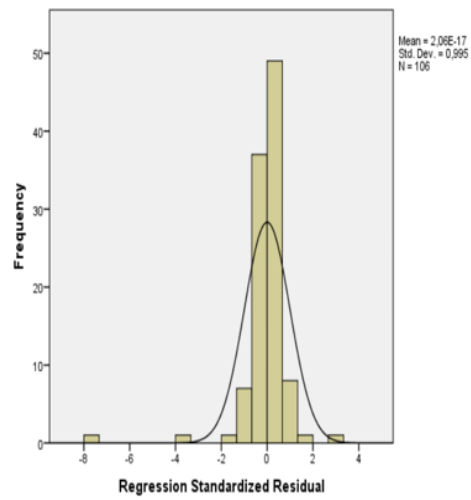
ALTR



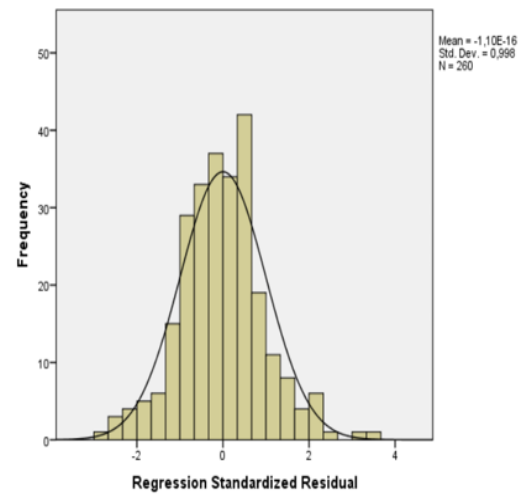
EDP



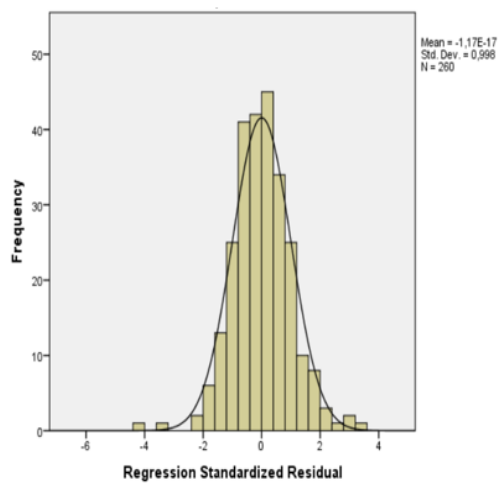
BANIF



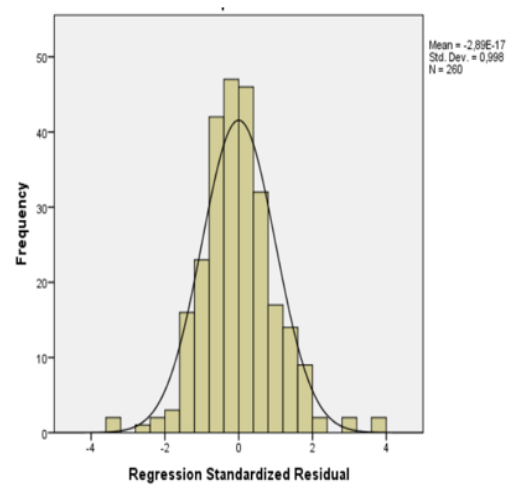
EDPR

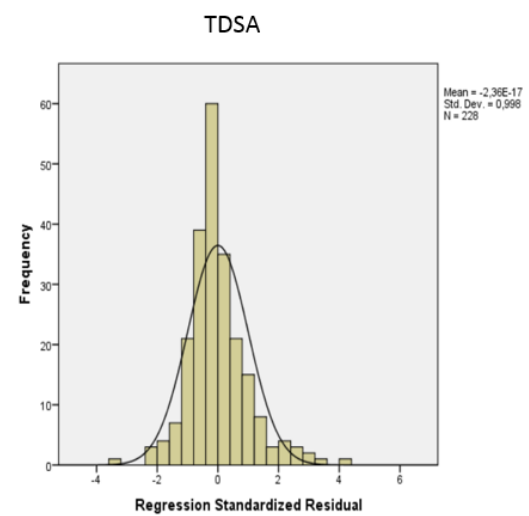
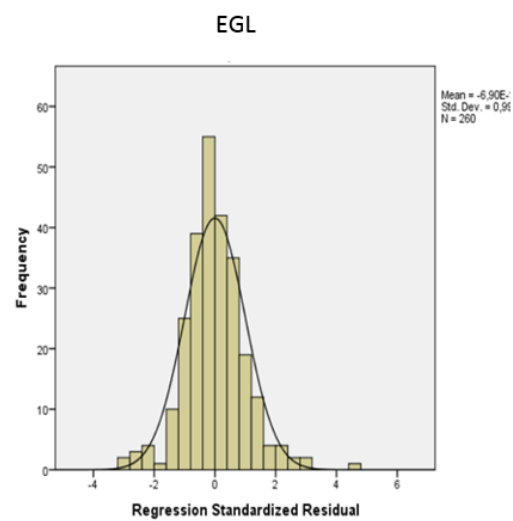
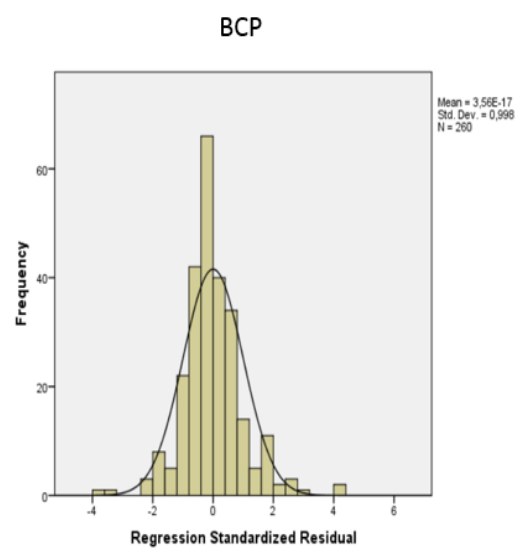
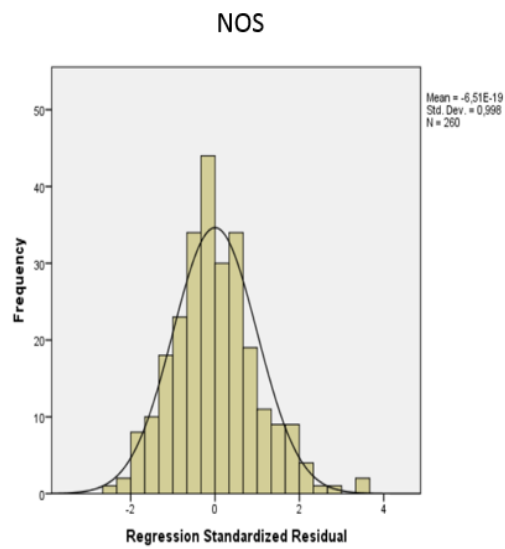
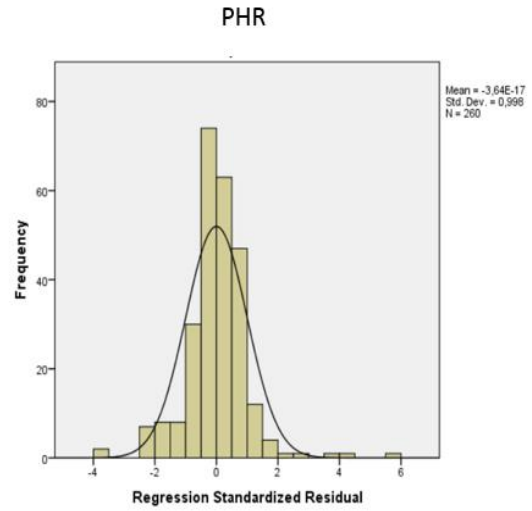
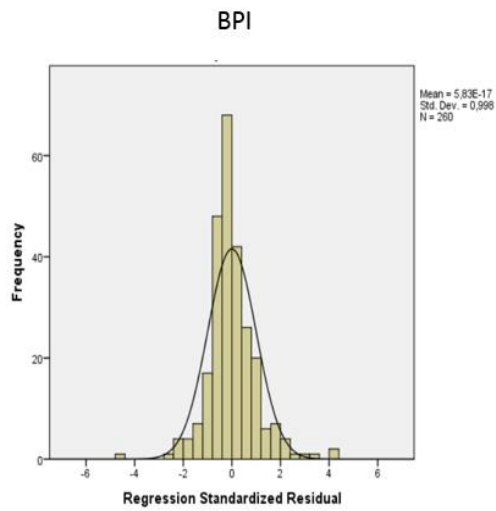


GALP

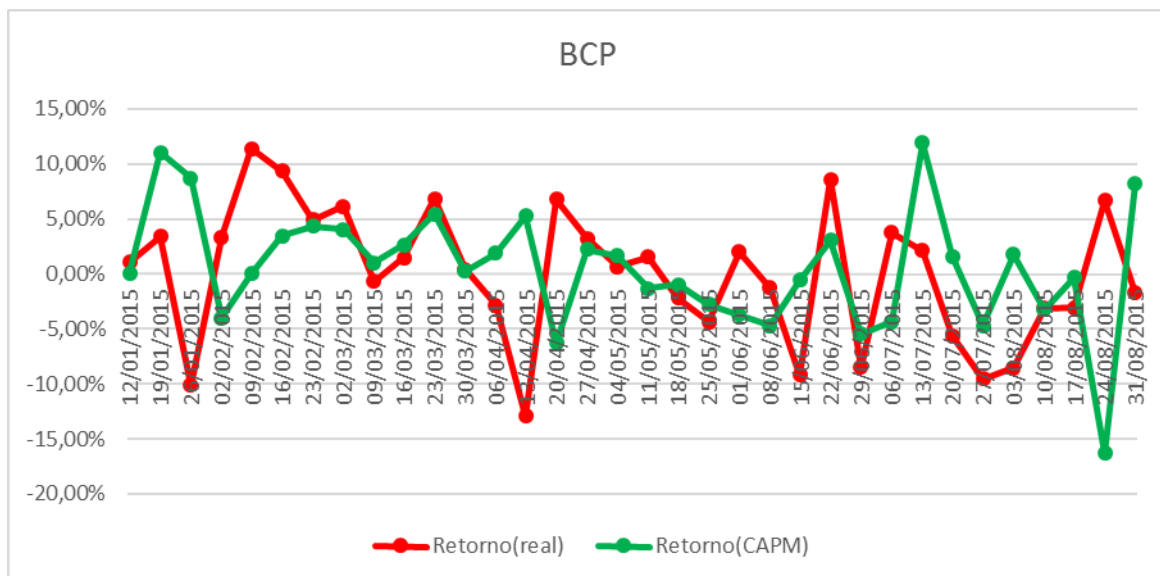
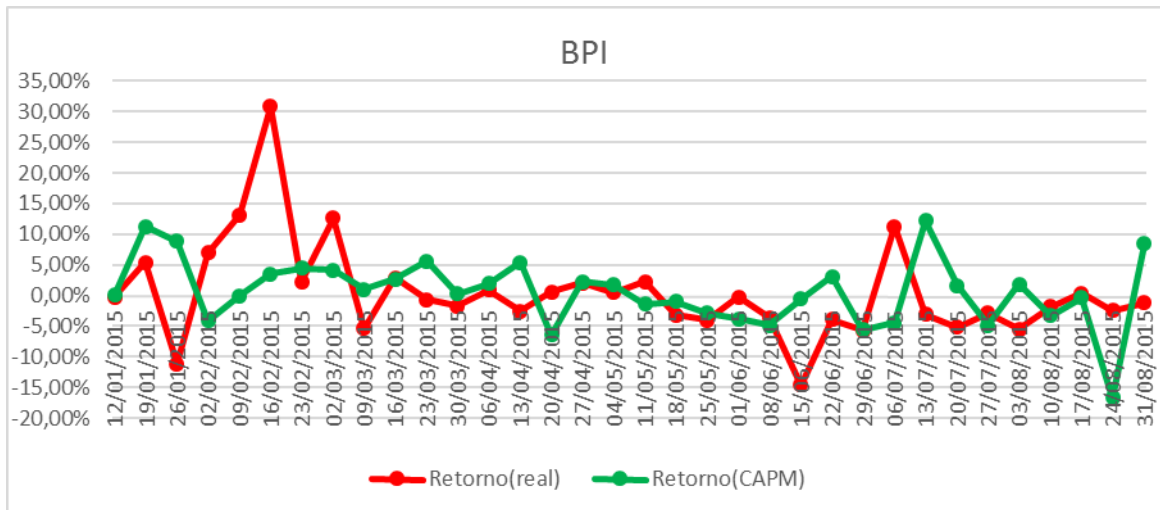
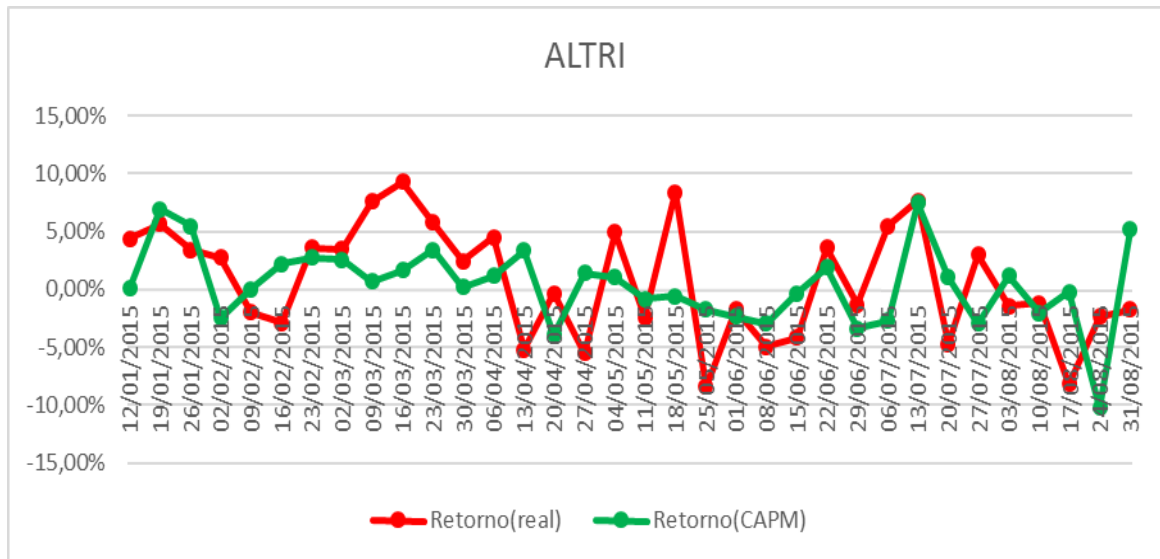


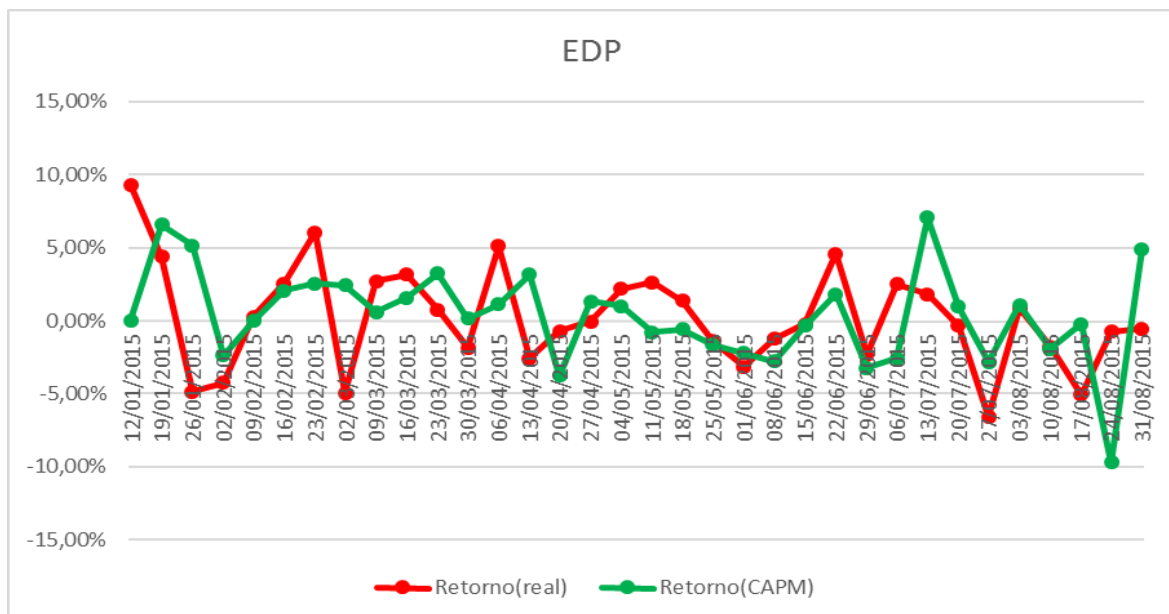
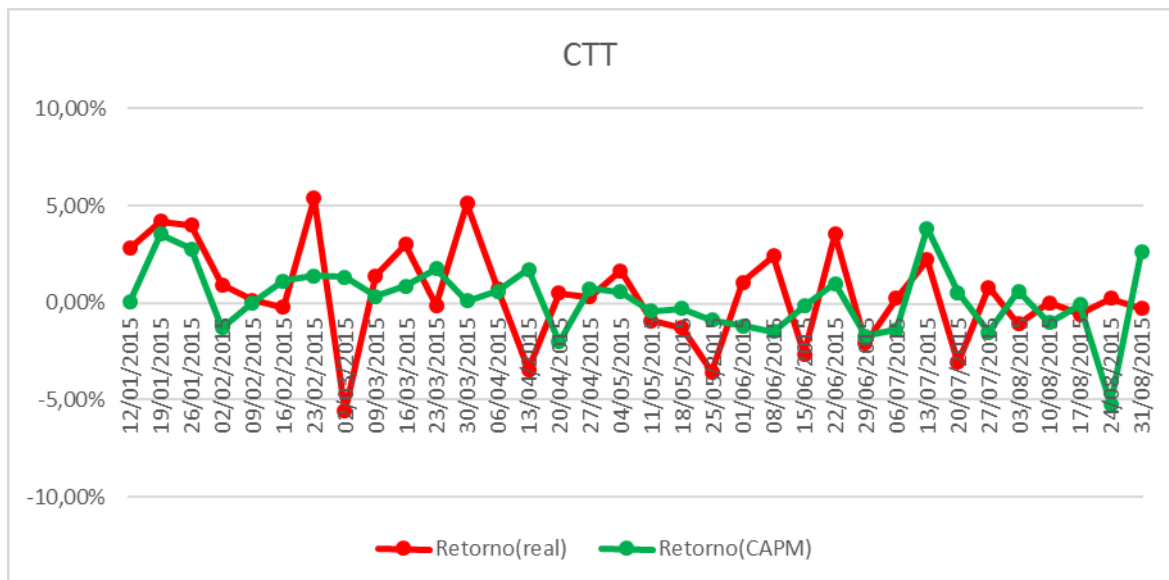
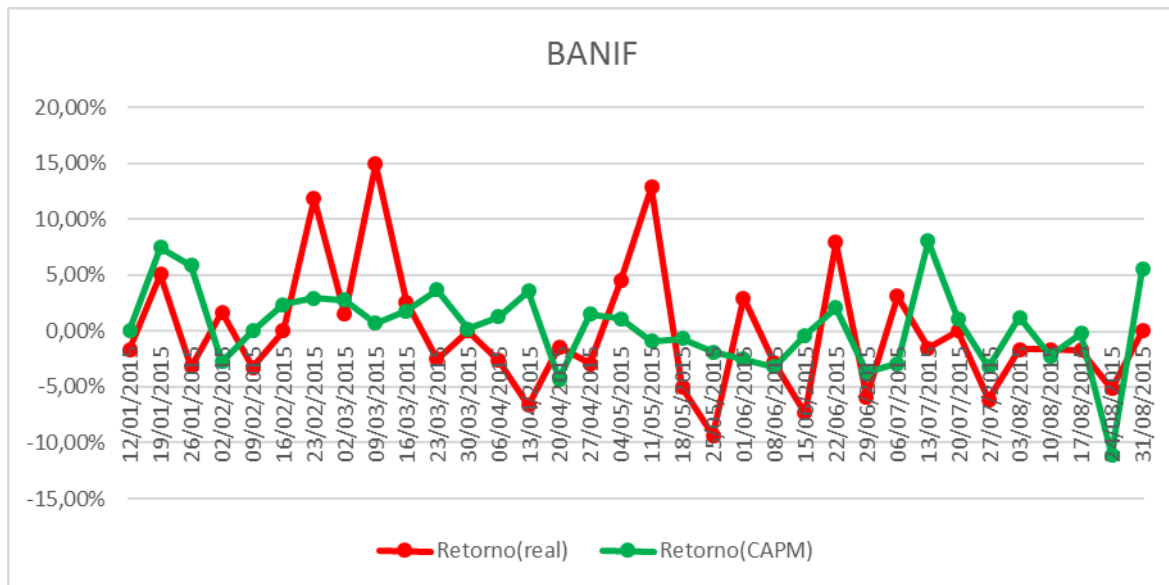
SON

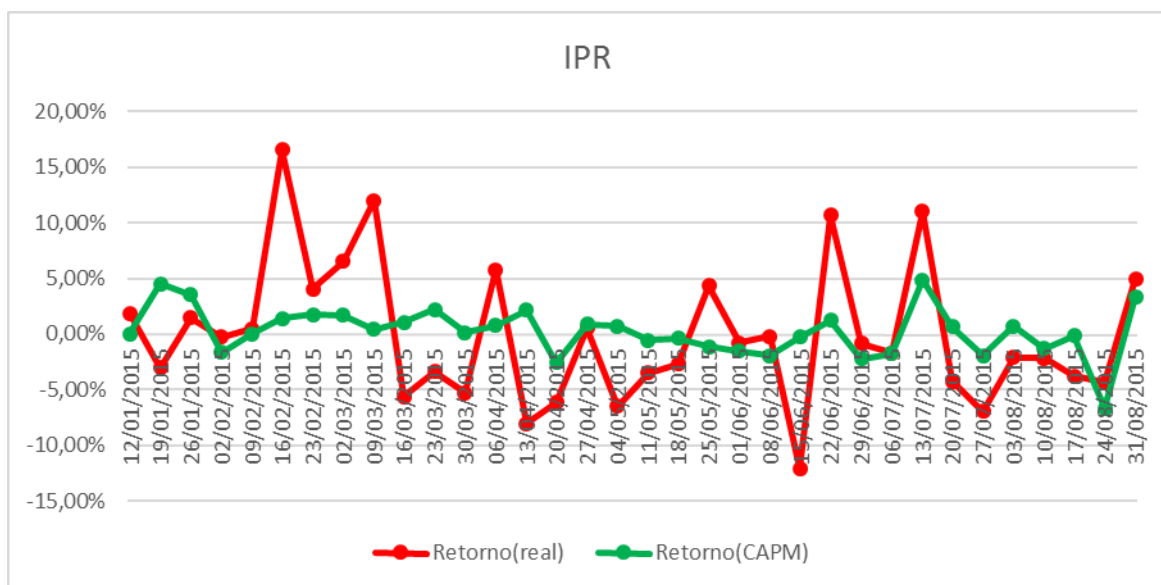
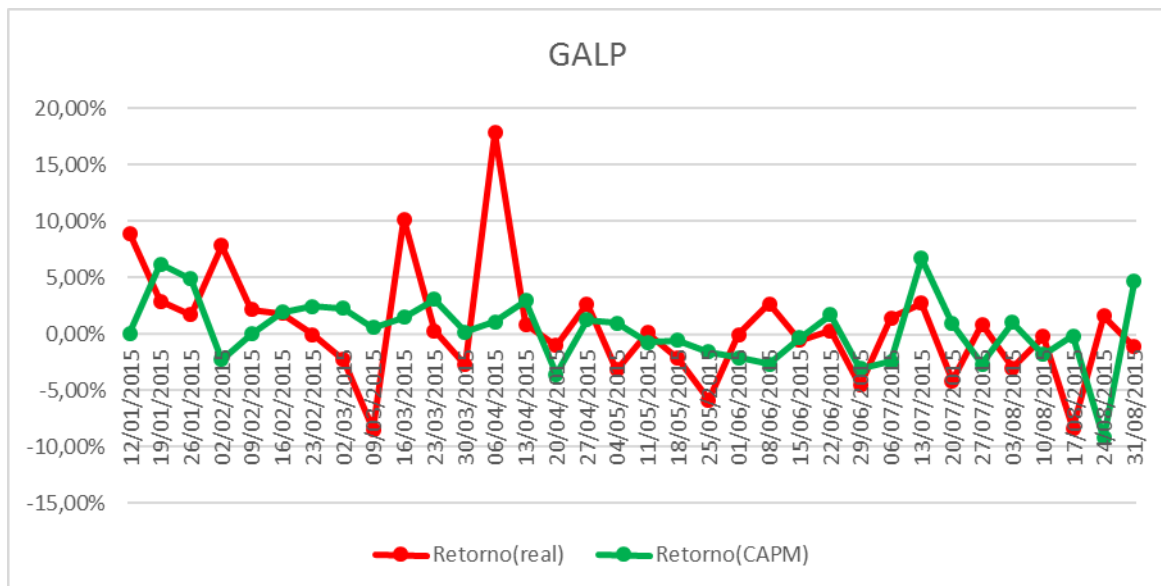
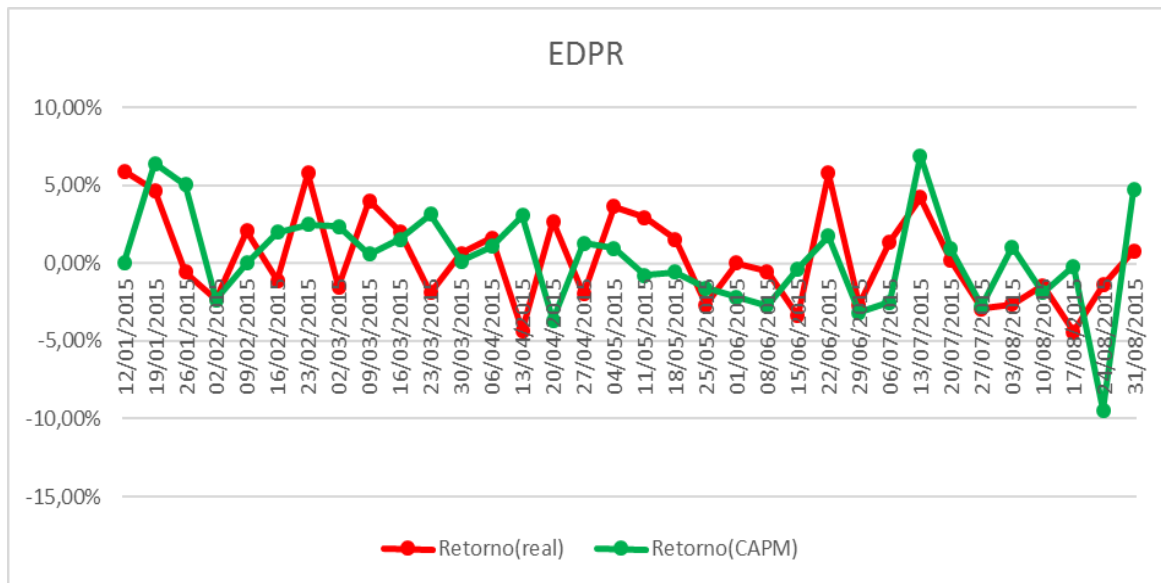


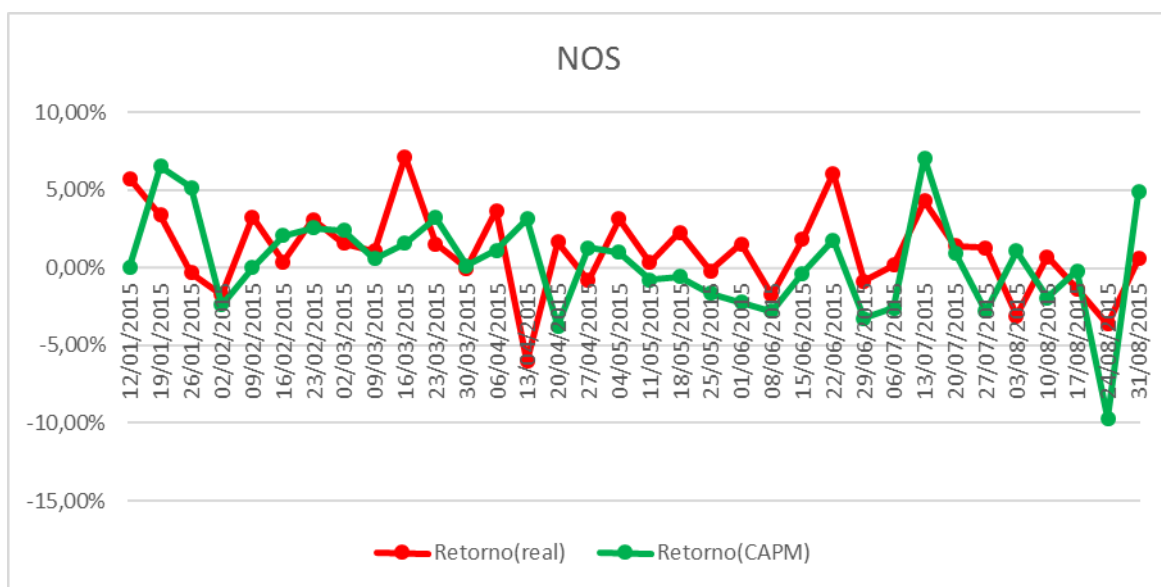
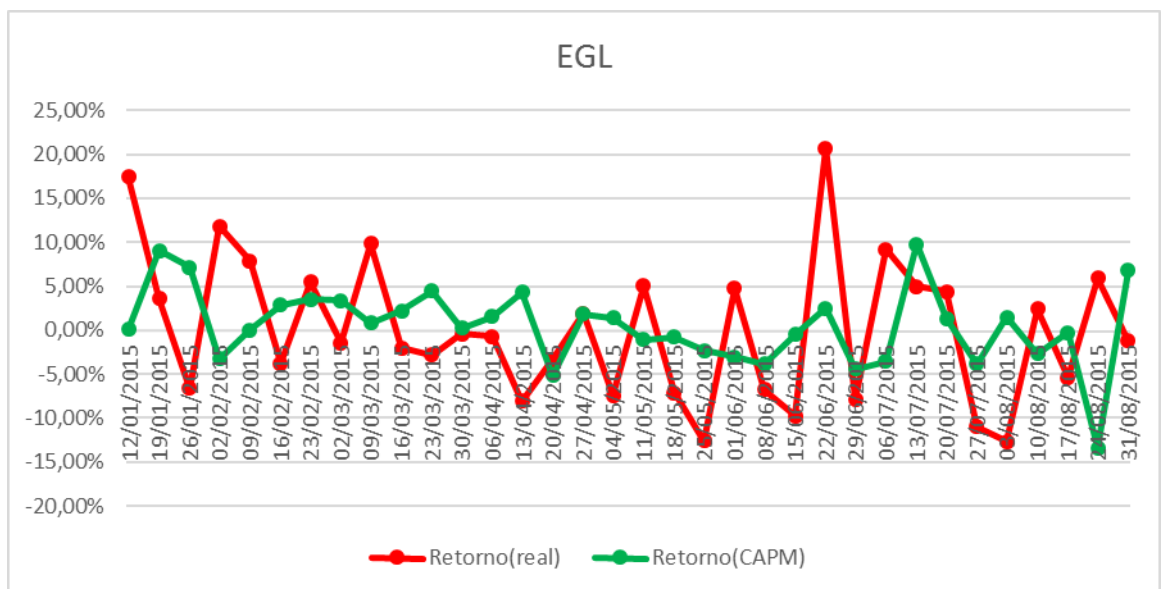
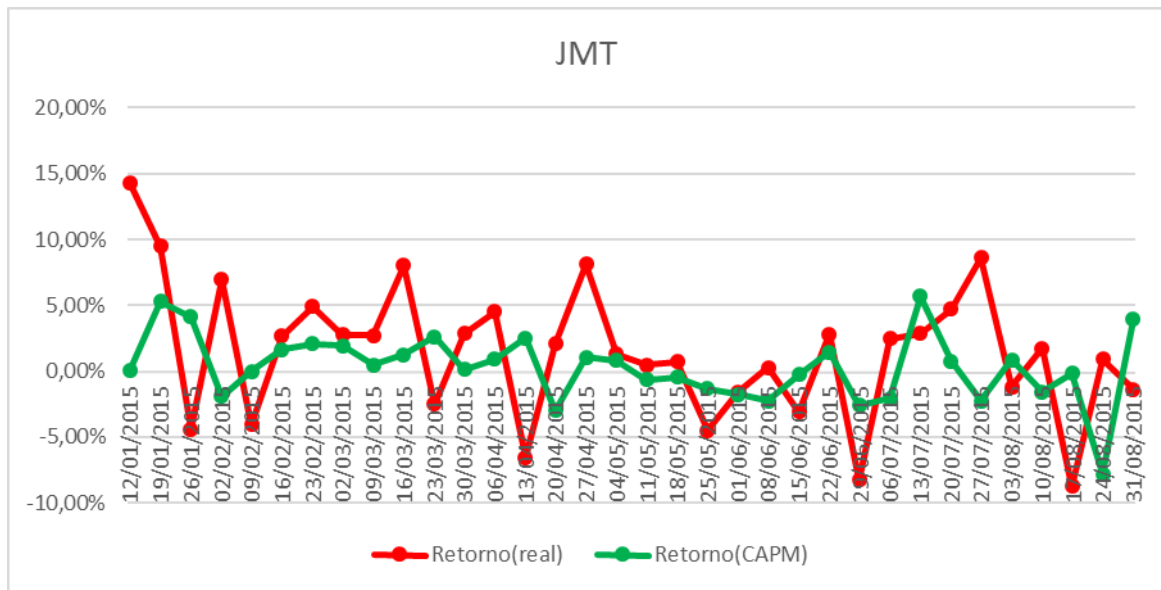


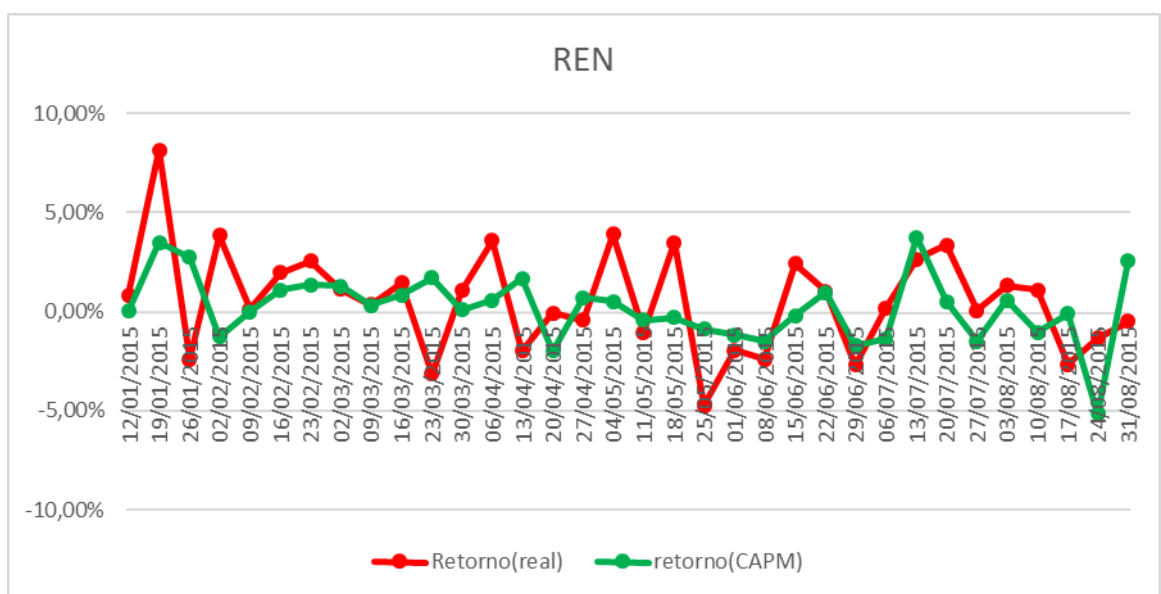
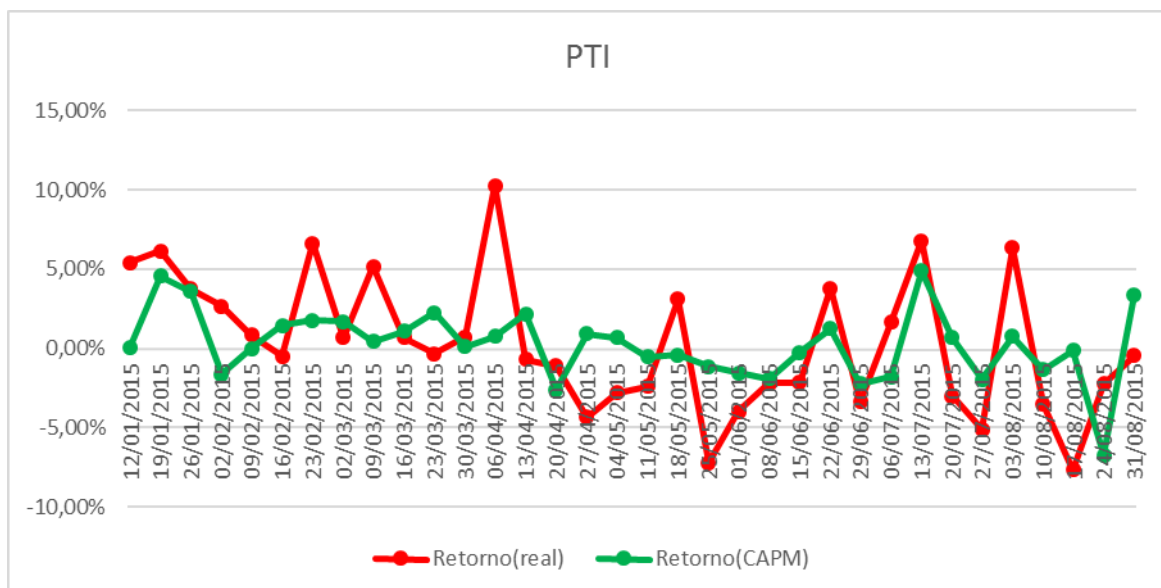
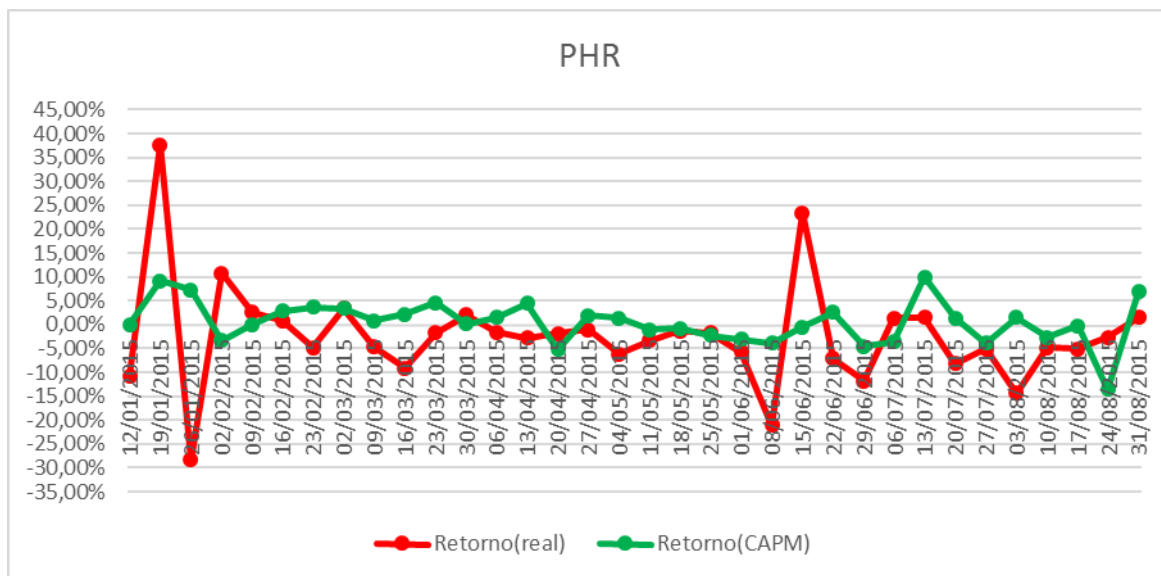
Anexo 3 – Gráficos correspondentes aos retornos reais e aos retornos estimados usando a estimativa do CAPM para cada ativo.

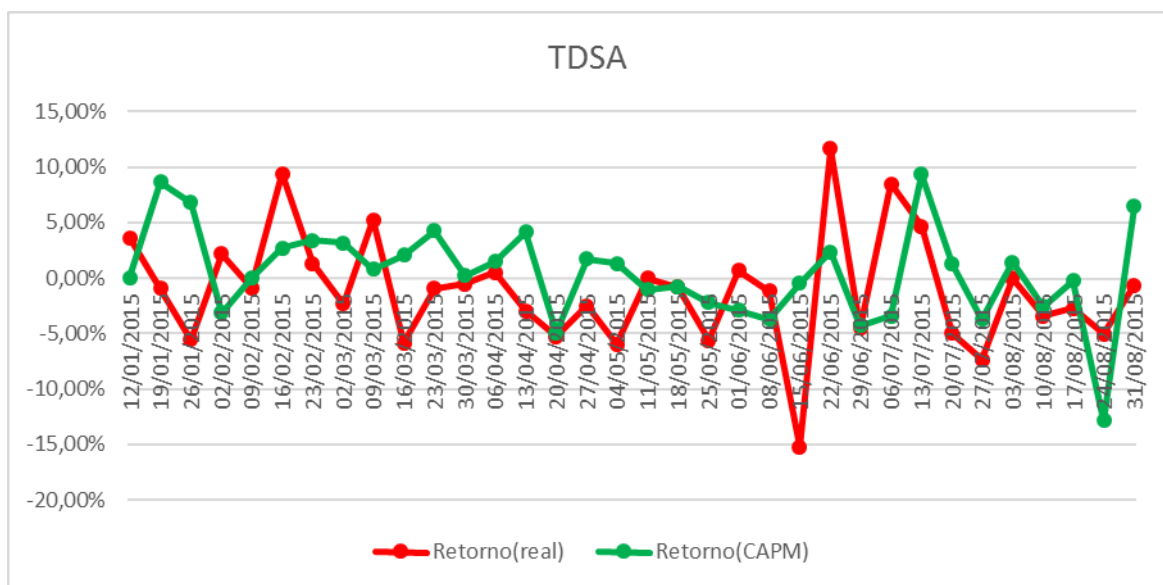
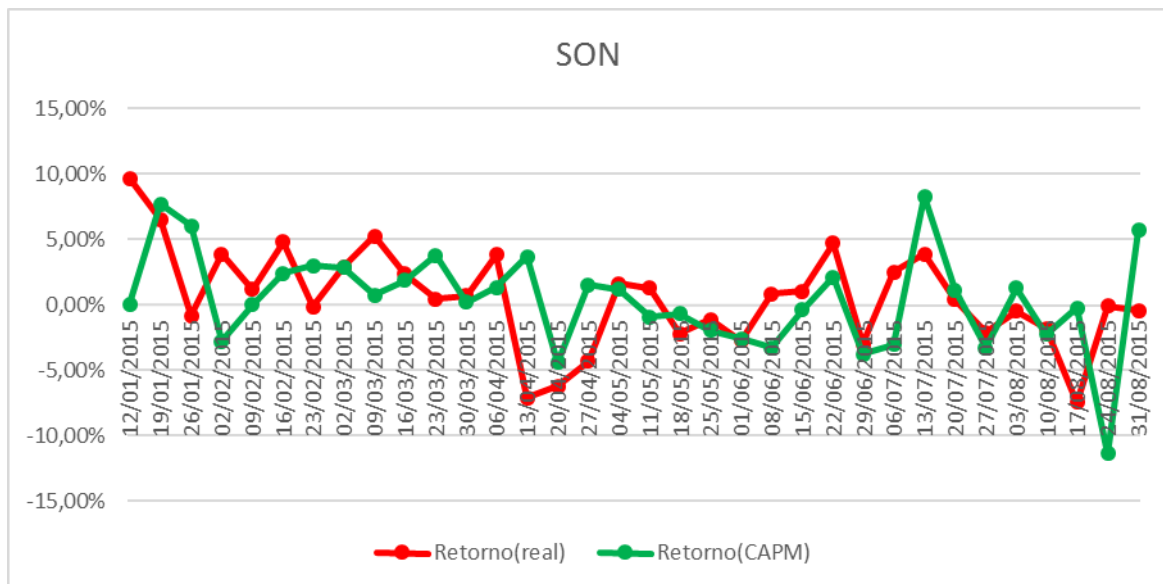
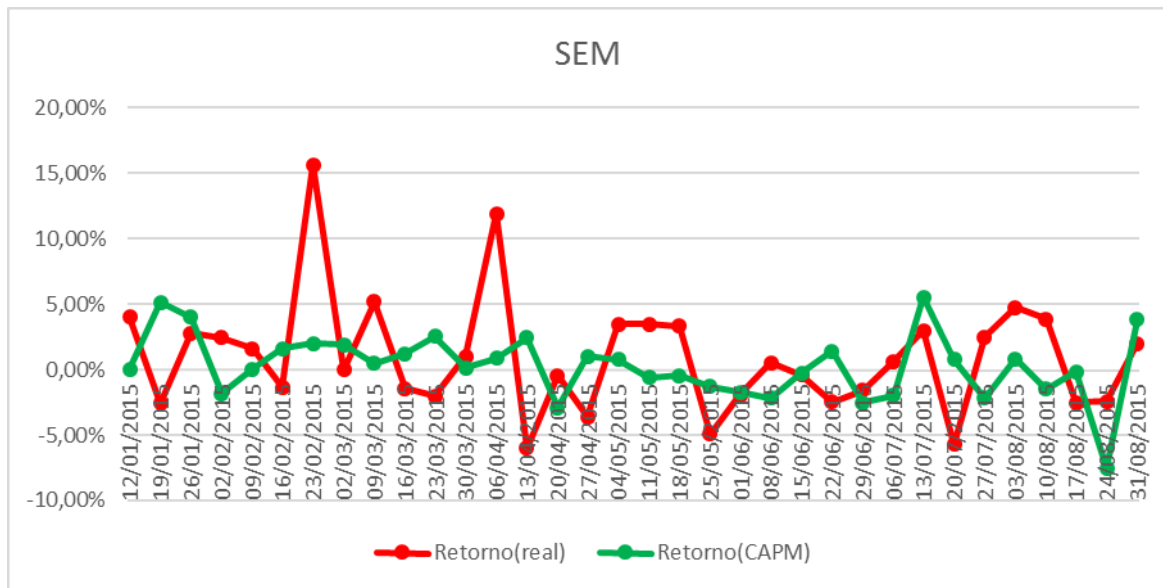




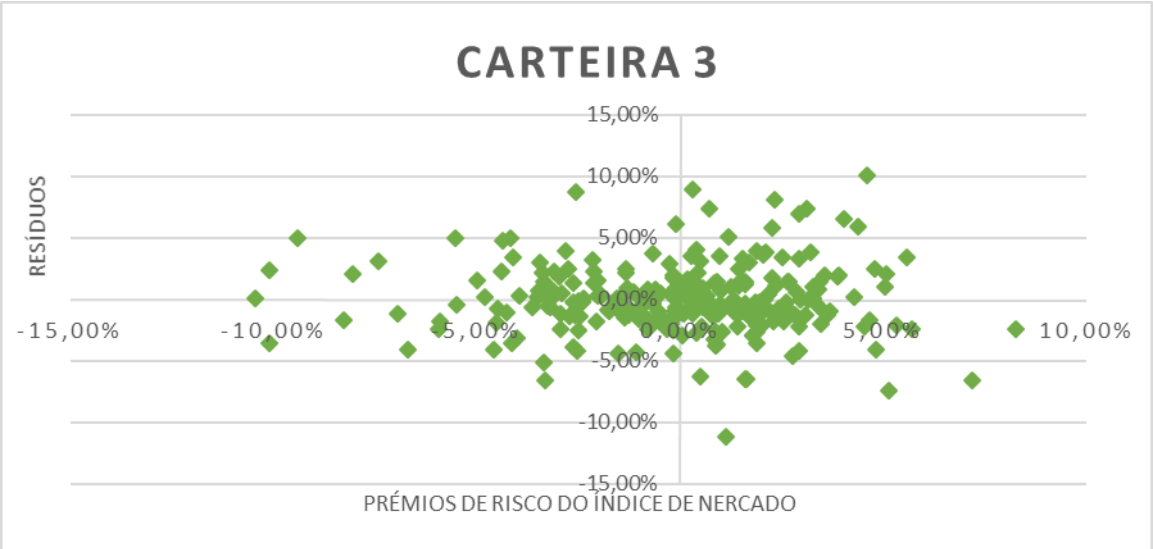
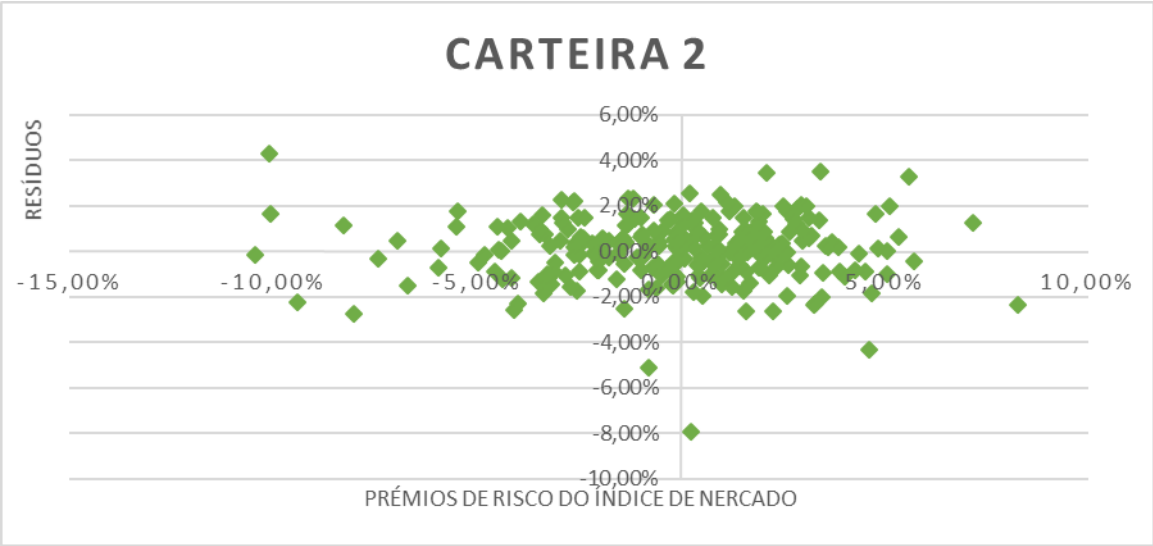
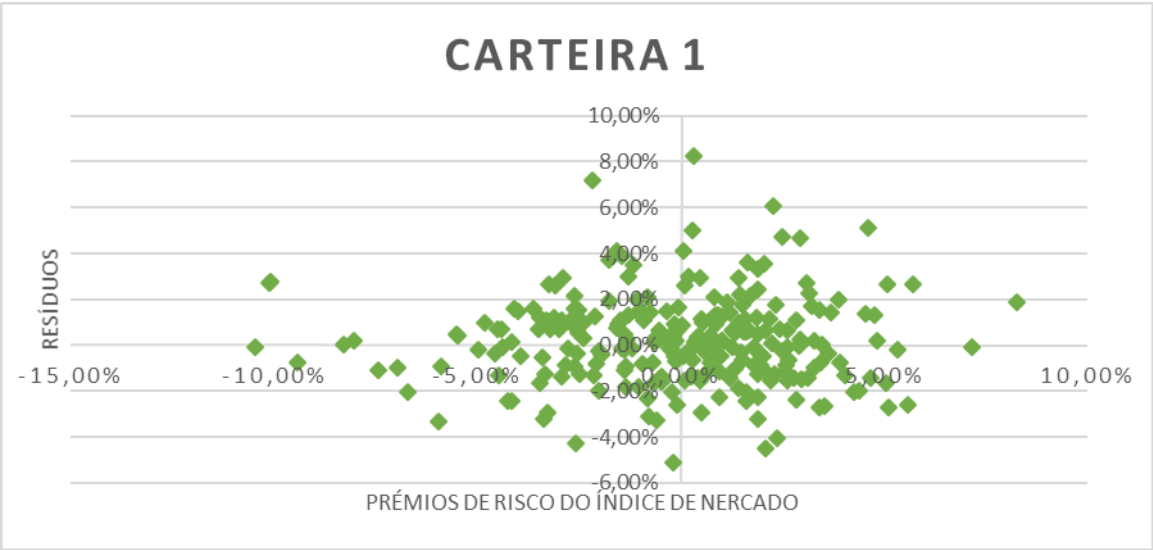








Anexo 4 – Gráficos dos resíduos *versos* variáveis independentes das carteiras.



Anexo 5 – Histogramas dos resíduos das carteiras.

